

627.06

INR

1905

v.2:1

2

1





Digitized by the Internet Archive
in 2016 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign

<https://archive.org/details/reports21inte>

621
In R
1905
V.2.1

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure
1. Communication

ÉTUDE

SUR LES

Moyens de réaliser une jonction par voie d'eau intérieure

A TRAVERS LES ALPES

Entre la Méditerranée, l'Adriatique et l'Europe Centrale

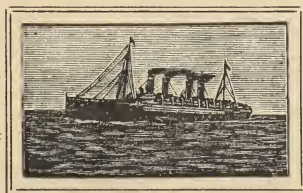
RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

M. E. PALADINI

Ingénieur, Professeur à Milan

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

INR
1905
v.2
cop.2

**Etude sur les moyens de réaliser une jonction par voie
d'eau intérieure à travers les Alpes, entre la Méditer-
ranée, l'Adriatique et l'Europe centrale.**

RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

Ettore PALADINI

Ingénieur-Professeur à Milan

Dans l'état actuel de la technique des Communications, est-il possible de penser à une voie de navigation interne qui traverse les Alpes et mette en communication directe l'Europe centrale avec la Méditerranée et avec l'Adriatique ? »

1) Les questions qui se basent sur des conditions physiques locales spéciales, étant nécessairement connues de peu de personnes, sont indubitablement moins aptes à être traitées dans un congrès international que les questions qui ont un caractère de généralité et d'application étendue.

Sous ce rapport, le thème proposé pour la première communication de notre section, est trop dépendant des conditions locales alpines et en même temps trop vaste pour être discuté dans une assemblée internationale nombreuse et pressée par le temps. C'est pour cela qu'un seul mémoire sur la question a été présenté à votre Congrès, celui de l'éminent ingénieur Riedel, de Vienne, mémoire qui mérite toutefois la plus grande considération, vu qu'il traite magistralement la question dont nous nous occupons.

2) A la question si, oui ou non, une communication par eau, à travers les Alpes, est possible au commerce européen, on peut opposer *a priori* l'objection que c'est là un objet fantasmatique et vague, qui n'est pas fait pour tenter des techniciens positifs, accoutumés à traiter des problèmes bien définis, sur

des données et des faits bien établis. Cela est vrai, mais l'on ne peut, d'autre part, ne pas reconnaître que l'aspiration à étendre les voies d'eau devient de jour en jour plus impérative, correspond à une réelle manifestation de progrès civil, et que, pour une grande masse de personnes, l'objection de la difficulté sonne mal, comme un indice de recul et d'inertie. C'est pourquoi, il n'est pas mauvais que notre Congrès rende cet hommage à l'opinion publique, de traiter aussi ce sujet, en montrant qu'il accorde une attention toute particulière, sans rien préjuger, même à ces aspirations qui peuvent paraître ou être aujourd'hui quelque peu utopiques.

L'exemple d'autres entreprises grandioses connues analogues, jugées téméraires au début et ensuite splendidement réussies, montre bien que la discussion des idées, même prématurées au point de vue de l'application, aide à en accélérer l'amélioration et à les rendre applicables. C'est pourquoi, bien que me ralliant à la conclusion bien fondée à laquelle est arrivé M. Riedel, à savoir qu'il est prématuré de penser à la réalisation d'un canal à travers les Alpes, sur les courtoises instances dont j'ai été l'objet, je me hasarde à présenter ce court rapport général. Il n'aurait pas de raison d'être, par le fait que, comme il a été dit, il n'a été présenté qu'un mémoire sur cette première question des communications reçues ; mais ce qui le rend admissible, c'est qu'il est inspiré de l'espoir que l'opinion publique et beaucoup de personnes nous sauront gré de nous être arrêté à examiner cette question et parce que tous — tout en admettant que l'idée est pour le moment prématurée — ont, au fond, comme un pressentiment que le canal à travers les Alpes se fera ; en suite de quoi, on peut considérer comme un facteur devant contribuer à en hâter la réalisation, l'insistance que l'on mettra à traiter le sujet, en en déterminant les difficultés, en circonscrivant et indiquant les questions subordonnées et en provoquant l'étude.

Sans être poètes ni visionnaires, il est dans le caractère des congrès modernes de s'arrêter à considérer aussi ce qui, en réalité, est trop hardi et fantastique. Il n'y a rien d'impossible ; tout progrès est facilité, si l'ambiance est bienveillante, et est paralysé, au contraire, s'il est entouré d'une atmosphère d'incrédulité et de défiance. C'est pour rendre hommage à cet ordre d'idées que nous présentons ce rapport.

3) La question de l'établissement d'une voie navigable entre le centre de l'Europe et la côte italienne, se présente, comme tout autre problème d'application, sous un double point de vue : celui de la possibilité et de la convenance économiques, et celui de la possibilité technique.

Il serait évidemment téméraire de penser à examiner seul et en peu de pages cette double question si complexe ; mais il sera opportun d'en esquisser une ébauche, prélude et stimulant à des recherches plus spéciales et plus profondes.

Il est opportun de traiter d'abord la question de la possibilité et de la convenance économiques, parce que la mesure de celles-ci peut servir, en une certaine façon, de criterium et de délimitation pour l'autre thèse de la possibilité technique.

On peut avoir un élément suffisamment approximatif du degré de convenance économique d'une voie d'eau transalpine, en évaluant sommairement le trafic que l'on peut présumer pour une telle voie supposée bien construite ; et, en conséquence, la diminution des frais de transport qui en résulterait pour l'économie générale des diverses régions intéressées, peut être prise comme élément d'évaluation de la dépense correspondante en capital que l'on pourrait penser raisonnablement à assigner à la construction de cette œuvre.

Il est facile de reconnaître que la zone d'action et d'efficacité d'une voie navigable transalpine sera quelque peu différente, selon qu'il s'agira d'une voie qui irait de Gênes et de Venise, vers l'ouest, au lac de Genève, ou vers le nord, au lac de Constance et au Rhin, ou de Trieste vers Vienne et le bassin du Danube. Le mémoire de M. Riedel expose précisément les principales idées débattues au sujet de la direction de Trieste à la vallée du Danube ; mais on peut facilement concevoir que, le Danube constituant déjà une active et excellente voie navigable de communication entre le centre oriental de l'Autriche-Hongrie et le bassin de la Méditerranée, pour le moment non encore efficacement relié avec les côtes du Nord de l'Europe, une voie d'eau Trieste-Vienne, bien que plus courte, ne pourrait, vu la difficulté de la manœuvre, faire qu'une concurrence limitée à celle du Danube. Et, en conséquence, il est parfaitement présumable qu'une ligne qui, de Venise, par le Pô, et de Gênes se dirigerait vers le lac de Constance et de là à Bâle et, par le Rhin, à Strasbourg et Mannheim, aurait un *hinterland* d'action, un trafic et une influence sur le commerce bien supérieurs à ceux d'une ligne vers Vienne.

Mais laissant de côté ces conditions différentes, qui peuvent justifier des différences d'évaluations, on peut trouver un critérium du trafic probable d'une bonne voie d'eau transalpine dans les données fournies par les statistiques des ports d'Europe, dans le mode de fonctionnement des voies internes de navigation et dans le mode de répartition du trafic entre les chemins fer et les canaux. En moyenne, on peut admettre que, pour chaque habitant de l'*hinterland* d'Europe, correspond un mouvement, dans les ports maritimes, d'au moins une demi-tonne de poids de marchandises par an. De ces 500 kilogrammes, environ la moitié consiste en matériaux encombrants ou en marchandises brutes, qui, là où c'est possible, préfèrent les voies d'eau aux voies ferrées pour le transport et la distribution à l'intérieur des pays.

Cette donnée peut être considérée comme constante, que l'on considère la vallée limitée du Pô, ou l'ensemble de la France, ou l'Allemagne, la Belgique et la Hollande réunies. Chacun, pour son propre pays, peut facilement vérifier et confirmer cette assertion.

Il ne serait pas exagéré d'admettre que bientôt, par suite de l'ouverture de voies latérales et de ramifications, une voie magistrale de bonne navigation interne arriverait à intéresser une zone de pays et de population d'environ 60 kilomètres de largeur de chacun des deux côtés de son parcours.

En sorte qu'une voie d'eau transalpine qui, de Venise, par le Pô, et de Gênes, en passant par le lac Majeur, se dirigerait sur le lac de Constance, et de là vers Bâle, et par la vallée du Rhin, à Strasbourg, ne pourrait manquer — si elle était praticable — de recueillir un trafic énorme.

Son développement schématique rectiligne serait de 800 kilomètres, intéressant une zone d'environ 100,000 kilomètres carrés, et une population, en tenant compte de la fréquence des cités, d'environ 20 millions d'habitants. Le mouvement maritime correspondant serait de plus de 10 millions de tonnes par an (Gênes, Savone et Venise réunies ont déjà actuellement un trafic approchant de ce chiffre, si minime que soit aujourd'hui, en comparaison, le trafic des marchandises transalpines), et celui des marchandises encombrantes d'environ 6 millions de tonnes par an, lesquelles, si c'était possible, ici aussi préféreraient la voie d'eau pour la distribution interne. (Ceci est beaucoup moins que ce que représente aujourd'hui le seul arrivage des marchandises, par voie d'eau, à la seule ville de Manheim.) Si l'on admet un parcours moyen de 300 kilomètres, cela ferait

1,800 millions de tonnes kilométriques. On peut présumer, si l'on dispose d'une bonne voie d'eau, que l'économie dans la dépense de transport serait de 2 centimes par tonne kilométrique, soit 36 millions d'économie annuelle. Et si l'on tient quelque compte des avantages secondaires et subséquents, et des avantages politiques et sociaux qui découleraient d'une telle entreprise, on peut assurer que sa convenance ou sa possibilité économique seraient hors de doute, si le capital nécessaire à son exécution était d'environ un milliard, disons, pour être large, de 1,500 millions. Mais il doit être entendu que dans ce chiffre ne doivent pas seulement être comprises les dépenses que nécessiteront les travaux de la voie navigable proprement dite, mais encore celles que réclameront les navires, les dépôts et les œuvres subsidiaires nécessaires au bon service de la navigation.

Le développement total de la ligne de Gênes et de Venise à Strasbourg serait de 1,200 kilomètres, à cause des sinuosités ; de ceux-ci, 200 consisteraient en tronçons de fleuves et de lacs, qui ne demanderaient pas des travaux importants ; 600 environ seraient de fleuves dont la régularisation nécessaire à une bonne navigation ne reviendrait pas à plus de 1/4 de million de francs par kilomètre. Resteraient 400 kilomètres de voies navigables tout à fait nouvelles en une zone montagneuse et accidentée. En conséquence, si l'on déduit de la somme sus-indiquée, un tiers pour les œuvres accessoires et le matériel mobile, et environ un huitième pour les travaux le long des fleuves, on peut présumer que pour les 400 kilomètres de voies d'eau nouvelles, on ne pourrait assigner une dépense supérieure à 2 millions par kilomètre, pour conserver à cette entreprise un caractère de possibilité économique.

Cet alignement de gros chiffres était nécessaire pour déterminer le problème à ce point de vue et pour en préciser quelque peu la potentialité économique maxima, généralement indiquée d'une manière vague et exagérée. Mais il faut reconnaître que ces chiffres rendent la conception d'une voie d'eau transalpine moins utopique qu'une impression première ne pourrait le faire penser. Le canal Dortmund-Gleiden, navigable, comme l'on sait, pour des navires de 600 tonneaux et d'une longueur de 150 kil., a coûté, avec les barques, les élévateurs et de parfaits appareils, 1/2 million par kilomètre. Le canal de l'Oise à l'Aisne, de 48 kil., dans des terrains difficiles et accidentés, a coûté 730,000 francs par kil. Le tunnel, à double voie, de 16 mètres de largeur, pour le passage souterrain de Candes du canal Marne-Saône, a coûté trois mille francs le mètre. Même si l'on

considère la limite des dépenses par rapport à la différence de niveau à surmonter, on trouve qu'elle permet l'œuvre présumée. Le point ou bassin de partage des eaux de la voie transalpine en question ne peut être plausiblement supposé à une hauteur inférieure à 500 mètres au-dessus du niveau de la mer (à une telle altitude, le massif à traverser serait d'environ 30 kilomètres de Tries'e à Laibach, de 65 kil. au Brenner, au Splügen, au St.-Gothard et au Simplon), ni, pour une raison de climat, à une hauteur supérieure à 1,200 mètres.

En admettant une cote intermédiaire de 800 mètres et en fixant à 700 mètres la différence de niveau à surmonter, sur les deux versants, par des moyens artificiels, comme, en moyenne, les grands appareils élévateurs récents coûtent environ cent mille francs par mètre d'élévation et par bateau de 200 tonnes, il en résulte une dépense de 140 millions, compatible avec le chiffre assigné par kilomètre, même en tenant compte des dépenses en tunnels (1). On comprend donc comment le chiffre moyen assignable de 2 millions par kilomètre, et pour 400 kilomètres, permet de considérer comme économiquement possible une voie transalpine avec des travaux de grande importance. Cette somme permet et même exige une analyse du problème au point de vue technique, et l'on ne peut, *a priori*, en s'appuyant sur l'immensité des travaux, écarter l'idée et la juger irréalisable. C'est une conclusion que l'on doit admettre, et par laquelle on doit rendre hommage à ceux qui, les premiers, pionniers téméraires, ont mis en avant l'idée risquée d'une voie de navigation transalpine.

4) Si les limites établies par l'investigation sur la possibilité économique, même en les réduisant, par prudence, d'un cinquième, sont telles que l'idée ne puisse être écartée *a priori*, il en résulte évidemment qu'il est opportun d'examiner s'il existe une possibilité technique correspondante, dans ces limites, de réalisation de la voie de navigation transalpine.

Cependant, il est encore plus évident ici qu'il est impossible, en un petit nombre de pages, même sous la forme la plus synthétique, d'examiner à fond cette question. Ici, l'on ne peut faire autre chose qu'une espèce d'inventaire des nombreuses et

(1) Voir : V. B. de Mas, Canaux, 1904, Paris, Béranger.

complexes sous-questions techniques que présente le problème, pour susciter et diriger des études subséquentes.

Une voie de navigation transalpine — et aussi, éventuellement, transapennine — ne peut se concevoir que comme le résultat d'un ensemble de quatre genres de travaux principaux : sections navigables — ou rendues telles — de fleuves et de lacs ; sections de canaux navigables découverts ; sections de canaux navigables en tunnel ; installations ou appareils pour faire surmonter aux navires les fortes différences de niveau locales.

En ce qui concerne les travaux de canalisation et de régularisation des cours d'eau naturels et des fleuves, il n'y a rien de particulier à faire observer. Suivant la voie que l'on a l'intention d'étudier, le tonnage maximum que l'on veut établir pour les navires qui en useront, cette première catégorie de travaux peut se trouver plus ou moins importante et difficile. Toutefois les études, dans ce cas, se rapportent à des travaux moins exceptionnels que les autres, de moindres frais relatifs et d'une réalisation moins incertaine, et ici l'on ne pourrait rien dire de plus, sinon en spécifiant des hypothèses de tracés et des projets pour lesquels on manque d'études positives et certaines.

Pour ce qui regarde les sections de canaux découverts, si l'on considère la partie de la voie transalpine qui devra traverser la zone montueuse formant le massif alpin et constituant le nœud des plus grandes difficultés, on reconnaît que, comme il faut éviter les trop fréquentes sinuosités dans le tracé et adopter de grands rayons pour les courbes, et comme il n'est pas facile, en général, de trouver de bonnes pentes de collines et de montagnes où l'on puisse placer à mi-côte, en toute sécurité, un canal, le développement des sections découvertes sera relativement peu considérable et nécessairement les parties en tunnel seront nombreuses. Pour cette raison, les tracés qui rejoindraient et couperaient les plateaux seraient dans des conditions meilleures que ceux qui s'étendraient nécessairement le long des vallées. Les tracés qui partent des environs de Trieste sont pour cela dans des conditions plus favorables, et ici se présente aussitôt la considération que, pour cette raison, toute investigation ultérieure devrait être précédée d'une comparaison sommaire, mais sérieuse, des conditions spécifiques propres de chacun des tracés discutables, de façon à pouvoir, sans tenir compte des intérêts locaux, éclairer l'opinion sur les caractères de prééminence des divers tracés. Sous ce point de vue, les tracés partant de la côte de Trieste et de Fiume à travers le Carso, sont dans des conditions meilleures que ceux qui traver-

sent les Alpes centrales et occidentales, parce qu'ils peuvent sillonner des plateaux étendus, et, comme l'indiquent les profils schématiques intéressants annexés au mémoire de M. Riedel, avoir un développement de galeries de faite considérablement réduit comparativement aux autres tracés. Mais une comparaison à fond reste encore à faire ; cela n'est pas facile, mais il serait à souhaiter que la chose fût faite.

5) En ce qui concerne les sections en tunnel, vu les difficultés connues qui se présentent dans la majeure partie des formations alpines, à l'ouverture, dans des conditions de sécurité, de tunnels d'une largeur considérable, on arrive bientôt à la conclusion que, même si l'on n'admet l'usage que de types de navire de largeur modérée, il faut écarter l'idée de faire des tunnels à libre rencontre de navires ; et, considérant le trafic considérable présumable, il faut pourtant écarter l'hypothèse de tunnels à voie simple, avec des places de garage et des heures réglées alternativement pour le trafic dans un sens ou dans l'autre.

Nécessairement, on est conduit à adopter le double tunnel parallèle, comme on l'a déjà fait pour le tunnel du Simplon.

Mais même si l'on admet le double tunnel, les questions techniques demeurent encore nombreuses, difficiles et spéciales pour de tels travaux au service des voies de navigation. Les questions relatives à la consommation et à l'approvisionnement d'eau, à l'effort de traction et à la vitesse des navires, au régime et à l'influence de la température, à la ventilation, à la section qui convient et au coût de la construction, se présentent, pressantes, et s'enchevêtrant, et la possibilité technique d'une solution favorable peut s'entrevoir et s'affirmer, mais ne peut être considérée comme établie qu'après une étude approfondie de la part d'un groupe de spécialistes autorisés.

Pour la consommation d'eau, étant admis un trafic maximum quotidien de 20,000 tonnes et une différence de niveau de 5 à 600 mètres, on peut facilement la présumer, selon celui des divers systèmes employés pour surmonter la différence de niveau ; mais qu'elle se monte à 3 ou à 15 mètres cubes, les conditions des divers tracés sont bien différentes en ce qui concerne la possibilité d'une alimentation facile. Il est évident, par la nature des conditions orographiques et hydrographiques, que si l'alimentation d'eau peut être considérée comme facile pour les tracés dans les Alpes centrales et occidentales, la chose est

beaucoup moins sûre et moins simple, comme le fait remarquer M. Riedel, pour les tracés à travers le Carso et les lieux adjacents.

Pour ce qui est de la traction, on peut certainement considérer comme adoptée la traction électrique, alimentée par les chutes d'eau adjacentes au canal, dont les frais sont modérés et grâce à laquelle sont écartées les difficultés inhérentes aux moteurs thermiques, les inconvénients dérivant des produits de la combustion, de l'usage des remorqueurs *ad hoc* et de l'approvisionnement et de la distribution du combustible nécessaire. Mais même si l'on use de la traction électrique avec un câble continu latéral, ou adhérent à la voûte dans les tunnels, pour éliminer la banquettes latérale et ne pas augmenter la largeur du tunnel, le problème, même au seul point de vue schématique, de la traction le long d'un tel canal transalpin, nécessairement à grand trafic, n'est nullement aussi simple, aussi économique et aussi sûr, que beaucoup le croient.

En fixant à 20,000 tonnes le trafic maximum quotidien et à 60 kilomètres le parcours utile par 24 heures (une vitesse d'environ un mètre par seconde), et en supposant que la traction continue jour et nuit, il en résulte que, approximativement, chaque navire emploiera sept jours à parcourir les 400 kilomètres du canal alpin proprement dit ; et les navires de 200 tonnes, à 100 par jour, feront, en tenant compte des arrêts, un total de 500 navires à haler. En comptant une résistance propre de 100 kil. seulement par navire, on obtiendrait, avec un rendement de 50 % :

$$500 \times 100 \times 1 \times \frac{100}{50} \times \frac{1}{75} = 1333 \text{ HP,}$$

dans une eau illimitée et stagnante ; mais il faudrait une énergie bien supérieure si la section du canal ou du tunnel est étroite, si l'eau n'y est pas stagnante, si le canal est en pente et doit être remonté. Si le tunnel a un profil d'eau seulement double du profil principal du navire — ce qui est déjà onéreux au point de vue du coût des sections en tunnel — et à supposer que la vitesse propre de l'eau ne soit que de 0,20, l'effort devra être environ 8 fois plus grand, c'est-à-dire dépassera 10,000 HP. Si l'on y ajoute l'énergie nécessaire pour l'éclairage nocturne (20 HP. par kilom.) et celle que nécessitent les services secondaires, on arrive facilement à reconnaître que les 400 kilomètres exigeront une force de 20,000 HP. — énergie qui, pour cer-

tains tracés, peut être considérée comme facile à se procurer et à peu de frais, mais non point pour d'autres, d'où des difficultés dont il faut tenir compte. Certes, on peut limiter le mouvement aux heures diurnes et réduire la vitesse, mais alors on augmente le nombre des navires en traction, et le matériel en exercice. On peut réduire quelque peu le nombre des HP, mais on accroit ainsi les résistances.

On ne peut non plus négliger la question de la température dans l'intérieur de longs et profonds tunnels ; elle est plus grave ici que dans le cas des chemins de fer, parce que bateaux, marchandises et bateliers doivent employer pour les traverser, non des fractions d'heure, mais plusieurs heures. Pour empêcher un abaissement de température insupportable et un refroidissement nuisible de l'eau du canal dans les longs tunnels, il faut renouveler activement cette eau. Un calcul sommaire porte à fixer, pour un tunnel d'environ 25 kilomètres, une alimentation d'eau d'environ trois mètres cubes à la seconde, ce qui oblige à une vitesse sensible, et constitue, pour les tracés orientaux, une réelle difficulté d'approvisionnement. C'est d'ailleurs un problème à étudier, en même temps que celui de la ventilation nécessaire. Ce sont là des difficultés techniques qu'on ne peut écarter par des assertions superficielles.

La question non définie et la plus discutable, en ce qui concerne la construction des longues sections en tunnel, pour voies d'eau, est dans les dimensions à assigner au profil. Elle dépend du type et du tonnage des bateaux dont on a l'intention de faire usage. La majeure partie des faiseurs de projets et de ceux qui ont écrit sur la question, partent de l'idée qu'une voie d'eau transalpine doit suivre la tendance à faire usage de bateaux d'un grand tonnage et toujours croissant, laquelle se manifeste sur les lignes déjà existantes de voies de navigation interne. A ce propos, on peut affirmer qu'avec cette idée, l'exécution d'une voie transalpine, dans les limites de dépenses définies plus haut, et peut-être même sans limites de dépenses, doit être considérée comme irréalisable au point de vue technique, et comme impossible actuellement.

Si l'on pensait user de navires du type admis pour le canal Danube-Oder, de 67 mètres de longueur, 8.2 m. de largeur, 1.80 m. de tirant d'eau, jaugeant 600 tonnes ou de ceux, de dimensions peu différentes, du canal de Dortmund, même en admettant un profil d'eau dans les tunnels avec le faible rapport de 1.5 au profil principal du navire, on arriverait, pour les sections de tunnel à voie simple, à une largeur d'au moins 10 mè-

tres, et par conséquent à une excavation d'environ 12 mètres, dimension téméraire pour la plus grande partie des formations alpines et que personne ne hasarderait pour de longs et profonds tracés. Le profil de l'excavation représenterait une superficie de 80 mètres carrés et, par conséquent, de 160 mètres carrés pour les deux voies nécessaires, avec une dépense de plus de 8,000 francs par mètre, dépassant de beaucoup trop la limite moyenne de 2,000 francs, assignée par la possibilité économique, pour qu'on puisse l'affronter, là même où l'exécution technique pourrait être considérée comme réalisable.

En prenant, pour les navires, les dimensions relativement modérées, établies, en 1879, par la loi française, de $38.5 \times 5 \times 1.80$, avec un rapport de 2 et des revêtements de 0.75, on arrive à un profil d'excavation, pour tunnel à voie simple, d'environ 70 mètres carrés et pour les deux voies, à 140, avec une largeur de chacune des deux excavations de 9 mètres, c'est-à-dire, à un ensemble de conditions encore critiques, dépassant celles des tunnels de chemin de fer construits jusqu'à présent, et d'un coût présumable encore trop considérable, si l'on considère, comme il a été dit et comme il résulte aussi des projets exposés dans le mémoire de M. Riedel, que le développement des tunnels, pour éviter les sinuosités et les pentes peu sûres, pourrait se monter, en bloc, à 100 kilomètres.

Il serait, au contraire, à propos de se demander si ce ne serait pas le cas d'adopter des navires d'un type spécial, de dimensions modérées, pour une voie transalpine de l'espèce et pour ses dépendances immédiates ; il semble que des navires de $32 \times 4 \times 1.80$, de 200 tonnes, pourraient être opportuns pour réduire sensiblement le profil des tunnels et leur coût. Le défaut de stabilité de tels navires, pour la traversée des lacs et le long des fleuves tels que le Pô et le Rhin, pourrait être éliminé par l'accouplement méthodique et rigide de deux navires disposés parallèlement, en dehors des canaux artificiels, comme, à ce que l'on dit, cela se pratique avec succès le long de la Moskva et du Volga.

Cet'e question de la délimitation des dimensions maxima des ouvrages d'art, est la question primordiale en ce qui concerne la possibilité technique de l'entreprise. Sur ce point, les jugements et les appréciations diffèrent, et si notre Congrès ou notre Association se prononçait en cet'e question, son opinion serait d'une grande importance et aurait une grande influence sur la direction des idées.

En ce qui concerne les travaux destinés à surmonter, avec les navires, les différences de niveaux, on met en avant, à propos de la ligne transalpine, toutes les applications les plus optimistes et les plus hyperboliques des divers systèmes adoptés ou proposés en l'espèce. Ce n'est pas le cas d'exposer ici les divers criteriums d'applicabilité concernant les écluses, les élévateurs, les plans inclinés et le transport des navires par chemin de fer. Le mémoire de M. Riedel met en évidence l'inopportunité de l'idée de l'introduction du transport des navires par voie ferrée, là où la voie navigable est trop difficile à établir, et nous tous ne pourrions que nous associer aux conclusions de M. Riedel. Ici, près de Milan, à Tornavento, parallèlement au Tessin, on voit, encore à présent, les restes d'un chemin de fer à plan incliné, d'environ 5 kilomètres de longueur, qui fut construit, il y a cinquante ans de cela, pour le transport des navires, du Naviglio Grande au Tessin, afin d'éviter les rapides de celui-ci. Elle fut abandonnée après peu d'années d'exercice, et est demeurée comme une preuve locale expérimentale et directe de l'assertion que le service de navigation combiné avec le transport des bateaux par chemin de fer, pour surmonter les difficultés, est une solution hybride et malheureuse. Celui qui ira visiter l'installation de Vizzola, passera près des ruines de cette antique tentative lombarde d'application du transport direct des navires par chemin de fer, pour surmonter une forte différence de niveaux (environ 50 mètres).

Ce n'est pas non plus le cas d'émettre des jugements comparatifs sur les autres systèmes : écluses, élévateurs, plans inclinés et bassin mobile, dont il a été déjà tant parlé et au sujet desquels les circonstances locales exercent tant d'influence.

Il est évident que là où l'eau d'alimentation est rare ou fait défaut, le système des écluses doit céder le pas aux autres, et là où manque la possibilité pratique, faute d'espace, d'un bon plan incliné, la préférence doit être donnée aux élévateurs ; c'est pourquoi, il est plausible d'admettre que, pour les tracés de Trieste, l'usage des élévateurs serait presque une nécessité, et qu'au contraire, pour les tracés occidentaux, vu le trafic et l'abondance d'eau, il serait préférable d'adopter un système d'écluses à différences de niveaux modérées.

Sur la manière de construire les écluses, et sur les limites de leurs différences de niveaux, qu'il nous soit permis de rappeler que l'art moderne ayant perfectionné la construction des portes et leur manœuvre, les difficultés principales, dans la construction des écluses, dépendent des conditions du sous-sol

et de la stabilité des murs ; et que là où, dans les montagnes, se présentent des formations rocheuses compactes et stables, il peut être opportun et pratique de construire des écluses à puits vertical creusé directement dans la roche, avec portes d'aval submergées et débouchement de canal en tunnel, système au moyen duquel on peut espérer de regagner jusqu'à 20 mètres de différence de niveaux.

Il est à propos de rappeler que ce système tire son origine du prodigieux esprit de Léonard de Vinci, le premier maître dans l'art des canaux navigables. Qui ira visiter l'installation de Paderno sur l'Adda, dans le canal local de navigation, y verra le reflet de l'initiative et des idées de Léonard de Vinci, qui, le premier, ébaucha les modalités de ce difficile canal.

Pour cela, Léonard pensait précisément à la construction d'une grandiose écluse à puits d'environ 18 mètres de chute, et si son idée (1), lui mort, dans l'application qu'en fit Méda, n'a pas réussi et dut être modifiée à plusieurs reprises, cela n'exclut pas la possibilité d'une application ailleurs, dans des conditions favorables du sol et de la roche. L'idée des écluses à puits peut trouver un champ d'utile application dans un canal transalpin, et ce nous est un plaisir de rappeler qu'elle doit son origine à la finesse de perception du vaste génie de Léonard.

7 Les considérations auxquelles donne lieu le mémoire qui vous a été présenté par M. l'Ingénieur Riedel, nous amènent à nous rallier pleinement à ses conclusions sur un canal transalpin, en général, et en particulier sur l'impossibilité d'admettre les solutions basées sur l'usage combiné des chemins de fer pour le transport des navires entre canaux séparés.

L'ensemble des recherches porte à reconnaître que, *a priori*, pour aucun motif, ni technique, ni économique, on ne peut considérer comme une utopie et comme inapplicable l'idée d'une communication transalpine, qui, il faut le reconnaître, constituerait un facteur énorme de progrès et de développement de la richesse européenne. Les mêmes considérations montrent

(1) Une intéressante et originale exposition des idées de Léonard, sur le canal de Paderno et sur les écluses à puits, d'après le manuscrit Atlantique, a été faite par l'arch. Luc Beltrani, membre éminent de notre Congrès, dans ses comptes rendus de l'Institut lombard des sciences, année 1902.

toutefois qu'une application immédiate de cette idée serait prématurée, parce que, en l'état actuel, les questions techniques inhérentes à une telle application ne sont, pour la plupart, ni suffisamment étudiées, ni résolues.

Il est à désirer que les études à cet effet et les recherches nécessaires soient faites avec l'autorité désirable, pour faire aboutir l'impérieux désir de progrès et de développement dans les communications par voie de navigation interne.

L'honorable Comité permanent de nos Congrès a cru devoir classer parmi les communications la question du canal transalpin ; elle n'est donc pas proposée aux délibérations du Congrès.

Mais si le sujet était au nombre des questions du programme, je crois que tous vous seriez d'accord pour désirer et reconnaître utile que, *sur l'initiative de notre Association, une Commission autorisée, avec le concours éventuel des Etats intéressés, ait à définir les questions générales préliminaires encore ouvertes, relatives à une voie de navigation transalpine, lesquelles résultent de la communication de ce jour.*

ETTORE PALADINI.



PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
1. Communication

A STUDY

OF

means of establishing connection, by inland waterway across the Alps
BETWEEN THE MEDITERRANEAN, THE ADRIATIC AND CENTRAL EUROPE

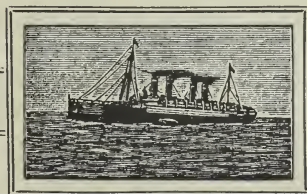
REPORT

BY

Mr. J. RIEDEL

Engineer and technical Adviser at Vienna.

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

INR
1905
v.1

An enquiry into the feasibility of constructing a navigable waterway through the Alps to connect the Adriatic Sea and the Mediterranean with Central Europe.

REPORT

BY

Joseph RIEDEL

Engineer and technical adviser at Vienna.

Even after the international competition organised by the Austrian Government and the *inquiry into the best means of overcoming great differences in levels* which formed one of the subjects of discussion at the IXth International Congress of Navigation held at Dusseldorf, it is still an open question whether the system of inclined planes for the transport of fairly large craft, would be a practical solution. In the meantime, however, it is permissible to contemplate the construction of navigable waterways through chains of rather high mountains, with some reasonable hope of success.

Although hitherto there had been no canals for internal navigation in Austria on this side of the Leitha, the authorities concerned had often contemplated the construction of various canals, even centuries ago and long before railways had been thought of or were considered as the best means of communication.

That these attempts go as far back as the thirty years war is proved by many old documents. Wallenstein had already conceived the idea of connecting the Elbe with the Danube. The delay which has occurred in Austria in constructing a system of navigable canals similar to those existing in neighbouring countries and even in Russia, is due to the many wars which have taken place in Austria itself.

Frederick-William, Prince Elector of Brandenburg, conceived the idea of connecting the Marche with the Oder, and the engineer Vogemonte thereupon, immediately prepared a detailed scheme not only for connecting the Danube with the Vistula

and the Oder with the Elbe, but also for connecting Vienna with the Adriatic by means of a navigable waterway.

These schemes, however, only began to be taken into serious consideration during the reigns of Charles VI, Maria-Theresa, and Joseph II, although they had been proposed many years before these reigns.

The interest taken in the question of navigable waterways in the reign of Charles VI. is evidenced by a map dated 1786, which shows the magnificent scheme of Maire, the Belgian engineer, for connecting the various Austrian waterways together, with Vienna as a centre for these navigable ways of communication. This scheme included, amongst other features, the proposed canal from the Danube to the Adriatic, which had been originally contemplated by Vogemonte.

This map (Plate I.) shows that Maire proposed to start his canal from Vienna and to connect it via Baden with the Fischa and with Lake Neusiedl. After leaving the lake it would be connected with the canalised Rabnitz and would continue along the Raal as far as Fehring. This navigable waterway was to cross the Mour at Raddenburg and to join the Drau at Friedau, where it was to divide into two branches, one going to Trieste and the other to Fiume.

(We regret that, despite many researches, we have been unable to find a longitudinal section of the proposed waterway. It is to be presumed, however, that complete plans exist and possibly they may be deposited among the archives of the Royal Ministry of the Ways of Communication of Hungary.)

The question of building a canal between the Danube and the Adriatic was brought up anew at the end of the XVIIIth century.

In 1794 count Apponyi submitted a project dealing with this matter, to the Emperor Francis II, who was so taken with the idea that he authorized lieutenant de Maillard to draw up plans for a navigable waterway which would connect Styria with the Carniole and terminate at Trieste or eventually at Fiume. In virtue of these instructions, this officer went to England to study the methods of building canals, although Italy had for many years been the classical country for this kind of engineering, Leonardo da Vinci, having even come from Italy to France in 1515 at the request of Francis II, to lay out the first navigable waterways in that country. It is very probable that the modern lock with a lock-chamber originated in Italy, although of course it has since had the benefit of a few up-to-date improvements.

It stands to reason that great difficulties would have been encountered in making the proposed canal between the Danube and the Adriatic, as the system of locks with lock-chambers, -- the only type known at the time, -- would have had to be employed in a mountainous country where the supply of water was limited. It is not surprising, therefore, that only the very small stretch of navigable waterway which connects Vienna with Neustadt, was eventually carried out.

This stretch of navigable waterway was known as the «*ökonomischer Kanal*» or canal for light traffic. It was sanctioned in 1797 but regular traffic upon it ceased in 1879. It extended from Vienna to the Hungarian frontier for a length of 61 kilometres, passing by Vienna-Neustadt. The width at the bottom was 5 m. 70, and the navigable depth was 1 m. 90.

Thirty-six locks were built to overcome a total difference of level of 93 metres. The maximum load of the canal boats was only 15 tons.

An anonymous paper on the subject of connecting Vienna with Trieste by a navigable waterway, appeared a few years ago and created some sensation.

Plate II. shows the longitudinal section of this proposed waterway which followed generally the route of the southern railway. The cost of construction, was estimated not to exceed 320 million crowns, but it was based upon a rough route which had been set out on an ordinary ordnance map and not upon a thorough examination of the question. Notwithstanding the low freights which would be charged, the authors of the scheme contended that this undertaking would prove so remunerative, that several banking houses were thereby induced to offer to carry out the scheme.

It should be noted that the scheme was far from definite as regards the length of the tunnels and aqueducts which it would be necessary to build. A glance at the rough longitudinal section on Plate II, shows that a tunnel was required at Gloggnitz, which is situated between Vienna and Trieste at an altitude of 480 metres, and that this tunnel would have to be 70 kilometres long in order to come out into the open at this altitude at Bruck-on-the-Mour.

Another tunnel, 60 kilometres long, was proposed south of Laibach, passing through the chain of rocky mountains of Karst, 280 metres above sea-level.

It is rather interesting to refer to the naive remarks, which were made on the subject of the proposed tunnels, in the report

accompanying this project. It was said, for instance, that as it had been possible to tunnel through the Arlberg and the St-Gothard for lengths of 12 and 15 kilometres, respectively, there was no reason why longer tunnels could not be built.

The authors of the project contended furthermore that the experience already gained, would enable them to carry out the work far more advantageously and to build a navigable waterway which would be relatively cheaper than those constructed abroad. The authors maintained that the tunnels would not be the most costly sections of the work (?), but that the greatest expense would be entailed at the sections where great depths would be required for the accommodation of sea-going craft (?). Furthermore, they contended that from 60 % to 70 % could be saved over ordinary prices in tunnelling through the hills, by judiciously combining manual labour with that of patent machinery. It was also proposed to dispense with « extra » work such as the lining of the tunnels with masonry, &c.

At the second sitting of the German and Austro-Hungarian Association for Internal Navigation, held at Vienna in 1897, one of the members proposed to connect Maulhausen on the Danube with the port of Rosega on the Adriatic coast, by a navigable waterway, which would pass by Seltzthal, Rotterdam, Wald (at 849 metres altitude), Mureck, Pethau, Cilli, Steinbrück, Sairach and Sagrado, and to establish a service of steam tugs between Trieste and Rosega, a distance of about 20 kilometres.

The proposed route was 750 kilometres long. It was to follow the courses of about 500 kilometres of canalised rivers, and it comprised 30 kilometres of tunnels. Happily this scheme, which was unsupported by detail plans and had not been properly prepared, was not taken very seriously into consideration by this Association, for its execution would undoubtedly have been attended by great difficulties.

Another project deserving better attention, for connecting the Danube with the Adriatic sea, was submitted several years ago by some Viennese contractors for public works. All the advantages of this project were set forth in a technical report, which was accompanied by maps and plans.

One of the incomprehensible features of this scheme, was that a great part of the proposed waterway again followed the route of the southern railway. If political considerations formerly rendered it inadvisable to make the line follow the contour of the chain of Austro-Styrian Alps, it is no longer the case nowadays, so that it seems to be a fanciful dream to build a naviga-

ble waterway through the Semmering mountains, at 950 metres altitude, as proposed in the new project.

The longitudinal section on Plate II shows that the proposed route would have been 512 kilometres long. It would have required four dividing reaches, connected by locks and lifts.

In this scheme a maximum difference of level of 10 metres was adopted for the locks and an average drop of 143 metres for the lifts. These conditions involved the necessity of building 127 locks and 11 lifts. Twenty-two tunnels were required, representing a total length of 9,320 metres. The total length of the aqueducts, which varied from 10 to 50 metres in height, was 8,740 metres.

The cost of the works, including that of a sea-port which was to be built at Barcola, was roughly estimated at 560 million crowns, and the authors of the scheme contended as in the case of the former project, that the financial results of the undertaking would be very brilliant.

One might have thought, after all these unsuccessful attempts, that the question of building a canal between Vienna and Trieste, would have been buried for good and all. The contrary is the case, however, as is proved by the following wish expressed in 1900 at the meeting held in Vienna by the Association of Austrian Manufacturers. « The Government is invited to » seriously consider the question of connecting Vienna with » Trieste by means of a canal which would form a continuation » of the canal from the Danube to the Oder, particularly since » the Hungarian Government is in possession of a complete » set of plans relating to a canal from the Danube to the Oder » which would open out in Fiume. »

Although the scheme appears impracticable, on the face of it, there does not seem to be any intention of abandoning it yet. Another paper, entitled « *An examination into the means of connecting the Danube with the Adriatic by a canal and by a system of rails for boats* », was published last year. Regarding the feasibility of this project, the author contents himself with quoting the words uttered by Ghegas when the Semmering railway was being built : —

« I build the railway ; it is for others to design an engine » sufficiently powerful to mount the grades. »

Without going into the details of the route followed by this waterway, as proposed by the author of the new project, we may say that starting from Vienna, the following places would be tapped by this canal : Fernitz, Semmering, Murzzuxhlag,

Graz, Oberlaibach and Trieste. The total length would be 492 kilometres, and rails would be laid along 157 kilometres of this length for transporting the boats, the remaining 335 kilometres consisting of navigable waterways and canalised rivers. The capital involved would amount to 406 1/2 million crowns, and on the basis of an annual traffic of 2 million tons with a redemption fund of 4 % per annum, the transport by water would have cost 10 1/2 crowns, that is to say 42 % cheaper than the actual freight charged by the southern railway.

The public is generally inclined to accept the statement of the author of the project, concerning the possibility of arriving at reduced rates for the transport of heavy goods on water, and it also reckons that an impetus would thereby be given to trade, whilst other advantages of an economic nature would accrue. However, it is overrating the importance of the proposed canal between the Danube and the Adriatic, to compare it with the Suez and Panama canals which have completely altered or will completely alter the trend of the world's sea traffic.

No one will assuredly deny the commercial and industrial importance of navigable waterways which are well constructed under favourable conditions. It is, however, unwise to rely too much on the advantages of the system of transporting boats on rails, until experience at least has confirmed one's expectations.

The question of the great differences in level and the means of overcoming them must have a very important bearing in scheming out a network of canals in Austria as can easily be seen by an examination of the longitudinal sections of other canal schemes.

This applies even to the routes which the proposed navigable waterways in the north are intended to follow, and which start from the Danube to join the Moldau, the Oder and the Vistula.

We may mention, in conclusion, an historical incident which is rather characteristic. When, towards the middle of the XVIIIth century, the Austrian Government requested professor Gerstner to ascertain the best means of conveying the salt from the salt mines of Salzburg to Bohemia, the transport facilities leaving much to be desired at the time, Gerstner refused categorically to entertain the idea of constructing a navigable waterway between Salzburg and Radweis.

It would appear, therefore, from the above, that the idea of building canals through mountain chains in general and through the Alps in particular, is a feasible one, but that it would be premature to attempt to carry it into effect at the present time.

The large tonnage of ships and other nautical plant, and the necessity of adapting these to a system of transport over rails, are objections which preclude any general adoption of canals which have to be constructed through a chain of mountains.

JOSEPH RIEDEL.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1903

I. Section : Inland Navigation °

1. Communication

REPORT

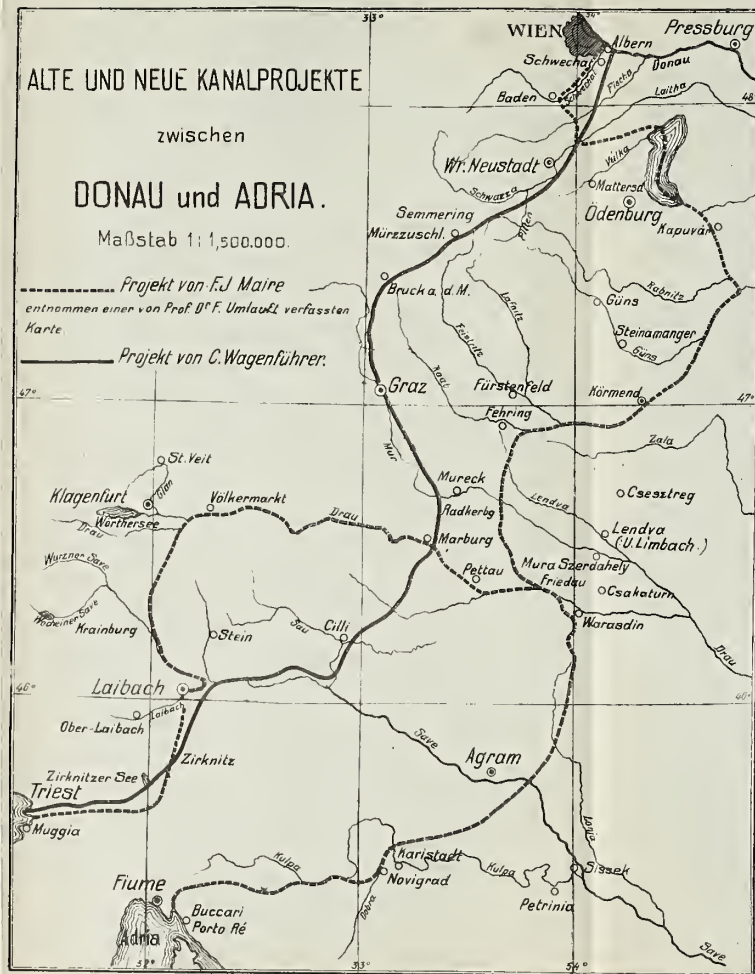
BY

RIEDEL

zwischen
DONAU und ADRIA.

----- Projekt von F.J. Maire -----
entnommen einer von Prof. Dr. F. Umlauf verfassten
Karte

- Projekt von C. Wagenführer.

[illegible]



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES
CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure
1. Communication

ÉTUDE

SUR LES

Moyens de réaliser une jonction par voie d'eau intérieure à travers les Alpes

ENTRE LA MÉDITERRANÉE, L'ADRIATIQUE ET L'EUROPE CENTRALE

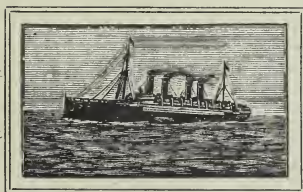
RAPPORT

PAR

M. J. RIEDEL

Ingénieur, Conseiller technique à Vienne

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES
IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

É T U D E
AU
sujet de la réalisation d'une voie navigable au travers des Alpes
POUR RELIER LA
MER ADRIATIQUE ET LA MÉDITERRANÉE A L'EUROPE CENTRALE

R A P P O R T

PAR

Joseph RIEDEL

Ingénieur, Conseiller technique à Vienne

Après le concours international institué par le Gouvernement autrichien, et *l'étude des moyens propres à racheter les grandes chutes de niveaux*, faite lors du IX^e Congrès international de navigation, tenu à Düsseldorf, il resterait à se rendre compte encore si la réalisation des plans inclinés destinés au transport de bateaux d'une certaine importance, répondrait utilement au but proposé. En attendant, il est permis d'aborder avec un certain espoir de succès, la question de l'établissement de voies navigables au travers de chaînes de montagnes d'une certaine importance.

Quoique l'on ne disposât, jusqu'à ce jour, en Autriche, d'aucun canal de navigation intérieure, en deçà de la Leitha, les autorités compétentes eurent maintes fois, il y a plusieurs siècles déjà, et par conséquent bien avant que l'établissement de voies ferrées ne parût constituer le meilleur mode de communication, leur attention fixée sur la création de divers canaux.

Maints documents prouvent que les efforts tentés dans ce sens remontent à l'époque de la guerre de trente Ans. Wallenstein déjà conçut l'idée de mettre l'Elbe en communication avec le Danube. C'est aux nombreuses guerres qui ont eu l'Autriche pour théâtre, qu'il faut attribuer le retard mis par ce pays à suivre l'exemple des états voisins, et même celui de la Russie, pour établir un système de canaux.

Le prince électoral Frédéric-Guillaume de Brandebourg eut l'idée de relier la Marche à l'Oder, et l'ingénieur Vogemonte élabor

aussitôt après un projet comprenant, outre la mise en communication du Danube avec la Vistule, l'Oder et l'Elbe, une voie navigable reliant Vienne à la mer Adriatique. Ce ne fut toutefois que sous les règnes de Charles VI, de Marie-Thérèse et de Joseph II que ces idées, émises longtemps avant, commencèrent à être prises en considération.

Une carte datant de l'an 1786 dénote l'intérêt que l'on portait à la question des voies navigables sous le règne de Charles VI; ce document reproduit le projet grandiose conçu par l'ingénieur belge Maire, pour relier entre eux les différents cours d'eau de l'Autriche, en choisissant Vienne pour centre de ces voies de communication. Ce projet comprenait entre autres, l'établissement d'un canal allant du Danube à l'Adriatique, tel que l'avait conçu Vogemonte.

Il ressort de cette carte, reproduite planche I, que Maire se proposait d'adopter Vienne pour origine de son canal et de le faire passer par Baden, de le relier ensuite à la Fische et au lac de Neusiedl, pour le mettre en communication avec la Rabsitz canalisée, et continuer par la Raab jusqu'à Fehring. La voie navigable devait croiser la Mur à Raddensbourg, et rejoindre la Drau à Friedau, où elle se serait bifurquée pour atteindre Trieste, d'une part, et Fiume, d'autre part.

(Nous regrettons que les nombreuses recherches que nous avons faites pour retrouver le profil en long de la voie projetée, n'aient pas abouti. Il est à présumer, toutefois, que des plans complets doivent exister et se trouver dans les archives du Ministère royal des voies de communication de Hongrie.)

La question de l'établissement d'un canal du Danube à l'Adriatique fut l'objet d'une nouvelle impulsion à la fin du XVIII^e siècle.

En 1794, le comte Apponyi soumit à ce sujet des propositions à l'empereur François II, qui s'en montra partisan à tel point, qu'il autorisa le lieutenant de Maillard d'entamer les études d'une voie de communication par eau reliant la Styrie à la Carniole et aboutissant à Trieste ou éventuellement à Fiume. C'est à la suite de cette autorisation que cet officier se rendit en Angleterre, pour y étudier l'art d'édifier des canaux, quoique l'Italie fût de bien longue date le pays classique en ce qui concerne cette question, et que ce soit d'Italie que Léonard de Vinci vint en France en l'an 1515, sur invitation du roi François II, pour y établir les premières voies navigables. Aussi, est-il plus que probable que c'est à l'Italie que l'on doit les premières applications des écluses à sas, telles qu'on les emploie aujourd'hui encore, en les dotant de quelques perfectionnements modernes.

Il va de soi que de grandes difficultés se seraient rattachées à l'exécution de ce projet de canal allant du Danube à l'Adriatique, en

faisant usage d'écluses à sas, le seul type connu à l'époque, pour franchir un pays montagneux, ne disposant, en outre, que de fort peu de ressources au point de vue de l'alimentation en eau. Rien d'étonnant, par conséquent, que l'on se soit borné à ne réaliser que la portion de voie navigable bien restreinte qui relie Vienne à Neustadt.

Cette voie navigable était connue sous la désignation de *Canal économique*; elle fut sanctionnée en 1797, et tout trafic régulier y cessa en l'an 1879; elle comportait 61 kilomètres de longueur depuis Vienne jusqu'à la frontière hongroise, et passait par Vienne-Neustadt; sa largeur au plafond était de 5 m. 70 et son mouillage de 1 m. 90.

Trente-six écluses furent établies pour racheter une différence de niveau de 93 mètres. La charge maxima des bateaux ne comportait que 15 tonnes.

Un mémoire anonyme concernant la construction d'une voie navigable destinée à relier Vienne à Trieste parut il y a quelques années, et fit quelque sensation.

La planche II représente le profil en long du tracé qui y était projeté, et qui suivait en ligne générale la direction du chemin de fer du Sud. Les frais d'établissement, évalués en se basant sur le tracé sommaire qui avait été fait en se servant d'une carte routière et non sur une étude assez approfondie de la question, devaient s'élever à la somme maxima de 320 millions de couronnes, et d'après les prévisions des auteurs, malgré le tarif réduit qui devait être appliqué, l'exploitation du canal devait constituer une entreprise tellement rémunératrice au point de vue financier, que diverses banques intervinrent et tentèrent d'arriver à la réalisation immédiate de la voie en question.

Il y a lieu de remarquer que le projet était loin d'être précis, en ce qui concerne la longueur des tunnels et des aqueducs auxquels on aurait dû avoir recours. On voit toutefois, en examinant le profil en long sommaire figuré planche II, que l'on prévoyait un souterrain à partir de Gloggnitz, localité située entre Vienne et Trieste à 480 mètres d'altitude, et que la longueur de ce souterrain devait atteindre 70 kilomètres, pour déboucher à l'air libre à la même altitude à Bruck sur la Mur.

Un second souterrain de 60 kilomètres de longueur était projeté au Sud de Laibach, pour traverser la chaîne des montagnes rocheuses du Karst, à 280 mètres d'altitude au-dessus du niveau de la mer.

Il n'est pas sans intérêt peut-être de rappeler au sujet des tunnels qui auraient dû être exécutés, les réflexions naïves que renfermait le mémoire dressé à l'appui du projet en question. Il y était dit notamment, que si l'Arlberg et le Saint-Gothard ont été percés de tunnels, dont la longueur atteint respectivement 12 et 15 kilomètres, rien ne

s'oppose à exécuter des travaux de l'espèce d'une longueur plus importante. Bien au contraire, prétendaient les auteurs du projet, on saurait, du fait de l'expérience acquise, mener à bien dans des conditions avantageuses les travaux à exécuter, et établir par suite cette voie navigable à un prix relativement moindre que celui des voies similaires créées à l'étranger. Ils affirmaient en outre, que ce ne sont pas les tunnels qui constitueraient les parties les plus coûteuses de l'entreprise (?), mais celles qu'on doit aménager de grandes profondeurs d'eau en vue de l'entrée des bateaux de mer (?). Ils estimaient encore, qu'en combinant judicieusement le travail manuel et celui des machines inventées, on pourrait réaliser dans la traversée des montagnes 60 à 70 % d'économie sur le coût habituel. On aurait, enfin, renoncé à tout travail « de luxe » (?), tels que les revêtements intérieurs en maçonnerie des souterrains, etc.

Lors de la seconde séance tenue à Vienne en 1897, par l'Association allemande et austro-hongroise de navigation intérieure, un des membres proposa de relier Maulhausen sur le Danube au port de Rosega sur la côte Adriatique par une voie navigable, en passant par Selzthal, Rottermann, Wald (situé à 849 mètres d'altitude), Mureck, Pethau, Cilli, Heinbrück, Sairach et Sagrado, et d'établir une communication avec Trieste à partir de Rosega, qui en est distant de 20 kilomètres, à l'aide d'un service de remorqueurs à vapeur.

Le tracé ainsi projeté présentait 750 kilomètres de longueur; il devait suivre sur 500 kilomètres le cours de rivières canalisées et comprendre, en outre, 30 kilomètres de longueur de souterrains. Il est heureux, qu'à défaut de plans et d'études suffisantes, ce projet n'ait pas été pris en grande considération par la dite Association, car de bien grandes difficultés se seraient rattachées à son exécution.

Un autre projet méritait plus d'attention; il fut présenté il y a quelques années par des entrepreneurs Viennois de travaux publics, et comportait l'établissement d'une jonction entre le Danube et la mer Adriatique; on en donnait tous les avantages dans un rapport technique avec cartes et plans à l'appui. Un point toutefois incompréhensible est celui de constater, qu'ici encore le tracé projeté emprunte en grande partie la direction du chemin de fer du Sud. En effet, si autrefois on devait renoncer pour des raisons politiques à contourner la chaîne des Alpes autrichiennes-styriennes, il n'en est plus ainsi aujourd'hui, et l'établissement d'une voie navigable traversant les montagnes du Semmering à 950 mètres d'altitude, tel que le prévoyait le nouveau projet, paraît être une utopie.

Le profil en long figuré sur la planche II, montre que le tracé proposé comporterait 512 kilomètres de longueur; il entraînerait l'établissement de quatre biefs de partage, qu'il franchirait à l'aide d'écluses et d'ascenseurs.

Ce projet admet 10 mètres pour hauteur maxima de chute des écluses, et 143 mètres pour la hauteur ascensionnelle moyenne des ascenseurs. Dans ces conditions, on devrait recourir à 127 écluses et 11 ascenseurs. Le nombre de tunnels serait de 22, et leur longueur totale de 9,320 mètres; celle des aqueducs, dont la hauteur varierait de 10 à 50 mètres, serait de 8,740 mètres.

Une évaluation approximative des travaux, y compris les installations du port de mer qui devrait être établi à Barcola, conduit à une dépense de 560 millions de couronnes, et l'exploitation donnerait, cette fois encore comme précédemment, d'après les prévisions des auteurs, de brillants résultats au point de vue financier.

On aurait pu croire, après toutes ces vaines tentatives, que la question de l'établissement d'un canal reliant Vienne à Trieste, ne reviendrait plus au jour; il en est toutefois autrement, ainsi que le prouve le vœu suivant qui fut émis en 1900 lors des séances tenues à Vienne par l'Association des Industriels autrichiens : « Le Gouvernement est invité à prendre en sérieuse considération la question de l'établissement d'un canal reliant Vienne à Trieste, formant la continuation du canal du Danube à l'Oder, et ce, d'autant plus, que le Gouvernement hongrois se trouve être en possession d'un projet complet relatif à un canal du Danube à l'Oder débouchant à Fiume. »

Le problème, quoique en apparence pour ainsi dire irréalisable, ne semble donc pas devoir être abandonné de si tôt. Une nouvelle brochure parue l'an dernier, porte le titre suivant : *Etude relative à un projet de canal et à un système de voies ferrées pour bateaux reliant le Danube à l'Adriatique*. En ce qui concerne la réalisation du projet, l'auteur se contente de s'en référer simplement aux paroles prononcées par Ghegas, lors de l'exécution des travaux du chemin de fer du Semmering :

« Je construis la voie ferrée; à d'autres le soin de trouver une machine présentant suffisamment d'adhérence pour la graver. »

Sans entrer dans des détails au sujet du tracé prévu par l'auteur de ce nouveau projet, disons qu'en partant de Vienne, les localités suivantes seraient baignées par le canal en question : Fernitz, Semmering, Murzzuschlag, Graz, Oberlaibach et Trieste. La longueur totale serait de 492 kilomètres, comprenant sur 157 mètres de longueur l'établissement de voies ferrées propres à transporter les bateaux, et 335 kilomètres de voies navigables proprement dites et de rivières canalisées. Le capital à engager se monterait à 406,5 millions de couronnes, et en comptant sur un trafic annuel de 2 millions de tonnes, et sur un amortissement de 4 % par an, le transport par eau eût été de 10.5 couronnes, c'est-à-dire de 42 % moins coûteux que le transport par les tarifs actuels sur le chemin de fer du Sud.

Le public est généralement porté à admettre la véracité de ce qu'avance l'auteur au sujet de l'application de tarifs réduits pour le transport par eau des matières pondéreuses, et estime que la question aurait pour conséquence de relever l'industrie et de donner lieu à bien d'autres avantages économiques; toutefois l'importance qu'il attribue à la voie projetée en la comparant aux canaux de Suez et de Panama, qui ont bouleversé ou doivent bouleverser le trafic par mer du monde entier, semble très mal placée en ce qui concerne un canal du Danube à l'Adriatique.

Assurément personne ne contestera l'importance essentielle qu'il faut attribuer aux voies navigables au point de vue du commerce et de l'industrie, lorsque ces voies sont établies dans de bonnes conditions; il paraît prématuré toutefois de placer trop de confiance dans le résultat auquel peut conduire le transport des bateaux par voies ferrées, avant que l'expérience n'ait confirmé ce que l'on croit pouvoir en attendre.

L'importance que présente la question du rachat des grandes hauteurs de chute et celle de leur réalisation, pour l'établissement d'un réseau de canaux en Autriche, ressort encore des profils en long tracés pour d'autres projets de canaux; elle s'applique même aux tracés des voies navigables projetées dans la direction du Nord, et partant du Danube pour aller rejoindre la Moldau, l'Oder et la Vistule.

Citons, pour finir, un dernier souvenir historique assez caractéristique : Lorsque vers le milieu du XVIII^e siècle le Gouvernement autrichien demanda au professeur Gerstner d'étudier les moyens par lesquels on pourrait réaliser un meilleur mode de transport pour les sels provenant des salines de Salzbourg et destinés à la Bohême, que celui en usage qui laissait beaucoup à désirer, Gerstner se prononça catégoriquement contre toute idée se rattachant à l'établissement d'une voie navigable entre Salzbourg et Radweis.

Il semble résulter de ce qui précède, qu'il faut envisager la question de l'établissement de canaux comme susceptible d'être réalisée au travers de chaînes de montagnes en général, et des Alpes en particulier, mais qu'il est prématuré de songer à sa réalisation.

Le grand tonnage des bateaux et autres engins nautiques, et leur agencement spécial en vue du transport par voies ferrées s'opposent à la généralisation de l'établissement de canaux au travers des chaînes de montagnes.

JOSEPH RIEDEL.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

I. Communication

RAPPORT

PAR

RIEDEL

Le public est généralement porté à admettre la véracité de ce qu'avance l'auteur au sujet de l'application de tarifs réduits pour le transport par eau des matières pondéreuses, et estime que la question aurait pour conséquence de relever l'industrie et de donner lieu à bien d'autres avantages économiques; toutefois l'importance qu'il attribue à la voie projetée en la comparant aux canaux de Suez et de Panama, qui ont bouleversé ou doivent bouleverser le trafic par mer du monde entier, semble très mal placée en ce qui concerne un canal du Danube à l'Adriatique.

Assurément personne ne contestera l'importance essentielle qu'il faut attribuer aux voies navigables au point de vue du commerce et de l'industrie, lorsque ces voies sont établies dans de bonnes conditions; il paraît prématuré toutefois de placer trop de confiance dans le résultat auquel peut conduire le transport des bateaux par voies ferrées, avant que l'expérience n'ait confirmé ce que l'on croit pouvoir en attendre.

L'importance que présente la question du rachat des grandes hauteurs de chute et celle de leur réalisation, pour l'établissement d'un réseau de canaux en Autriche, ressort encore des profils en long tracés pour d'autres projets de canaux; elle s'applique même aux tracés des voies navigables projetées dans la direction du Nord, et partant du Danube pour aller rejoindre la Moldau, l'Oder et la Vistule.

Citons, pour finir, un dernier souvenir historique assez caractéristique : Lorsque vers le milieu du XVIII^e siècle le Gouvernement autrichien demanda au professeur Gerstner d'étudier les moyens par lesquels on pourrait réaliser un meilleur mode de transport pour les sels provenant des salines de Salzbourg et destinés à la Bohême, que celui en usage qui laissait beaucoup à désirer, Gerstner se prononça catégoriquement contre toute idée se rattachant à l'établissement d'une voie navigable entre Salzbourg et Radweis.

Il semble résulter de ce qui précède, qu'il faut envisager la question de l'établissement de canaux comme susceptible d'être réalisée au travers de chaînes de montagnes en général, et des Alpes en particulier, mais qu'il est prématuré de songer à sa réalisation.

Le grand tonnage des bateaux et autres engins nautiques, et leur agencement spécial en vue du transport par voies ferrées s'opposent à la généralisation de l'établissement de canaux au travers des chaînes de montagnes.

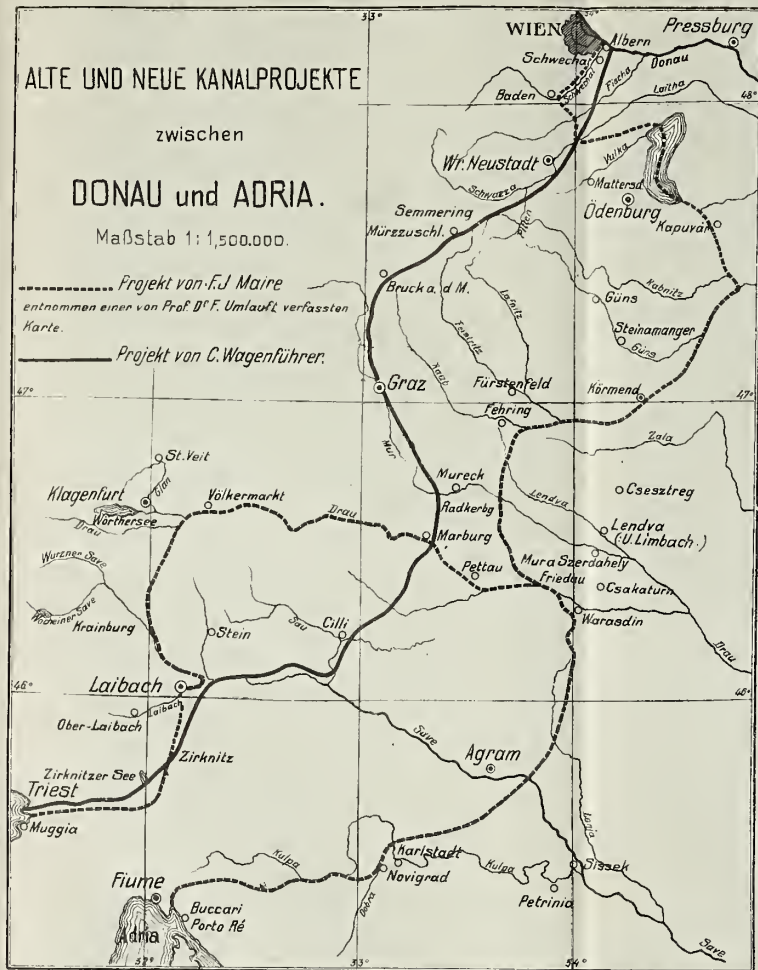
JOSEPH RIEDEL.

zwischen

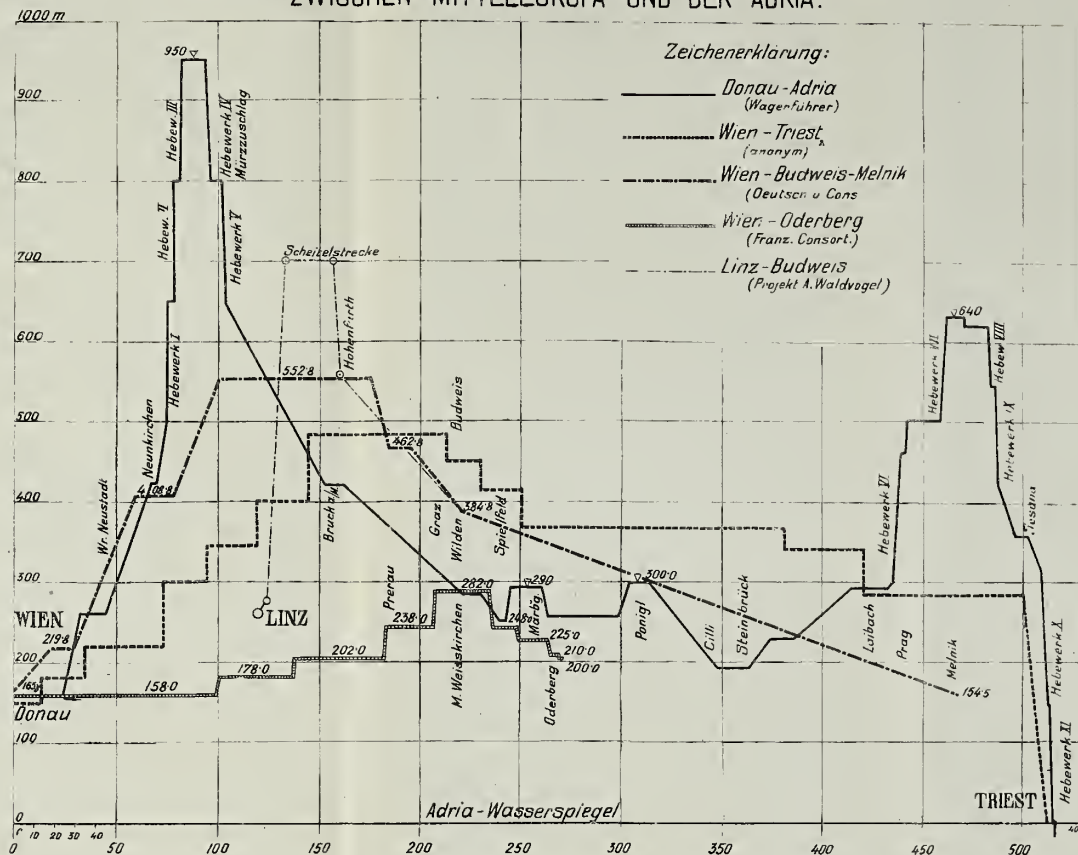
Maßstab 1: 1.500.000.

----- Projekt von F.J. Maire -----
entnommen einer von Prof. Dr. F. Umlauf verfassten Karte.

— Projekt von C. Wagenführer.



Zeichenerklärung:





ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX

sur les fleuves, les canaux et les lacs

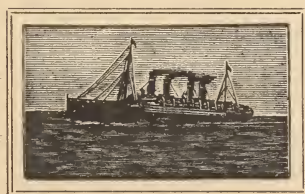
RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

M. E. PALADINI

Ingénieur, Professeur à Milan

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

Traction mécanique des Bateaux sur les Fleuves, les Canaux et les Lacs

RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

M. E. PALADINI

Professeur au *Politecnico* de Milan

Il n'est pas facile de donner en quelques pages un rapport efficace d'une série de travaux recommandables, riches de faits, de plans et de chiffres, comme le sont les communications présentées à notre X^e Congrès sur le sujet indiqué.

J'avais l'intention de faire un exposé rétrospectif de l'influence qu'ont eue nos Congrès sur le progrès de nos connaissances sur le sujet en question, car il est notoire que les travaux classiques de MM. De Mas, de la Société de Navigation du Danube, et Haeck, pour ne pas en citer d'autres, ont trouvé une impulsion sensible dans les vœux et les délibérations de nos Congrès.

Je voulais établir, dans ce rapport, une comparaison des différents éléments de fait fournis par les communications actuelles, tant entre eux qu'avec ceux des publications antérieures, aussi bien au point de vue de l'évaluation de la résistance, qu'à celui du rendement économique des divers moyens mécaniques employés pour produire la traction. Mais ceci m'aurait conduit à un amas embrouillé de formules (1), de diagrammes et de considérations, auquel on ne peut arriver à donner cette forme concise qui convient à un court rapport. Cette circonstance et d'autres nécessités impérieuses nous ont fait perdre du temps, et aujourd'hui, à la veille de nos réunions, pour ne pas priver les communications en cause de l'hommage mérité d'un rapport général,

(1) Voir, par exemple, la communication de M. le Professeur OSWALD FLAMM au Congrès de Dusseldorf, II. Abteilung, 5. Mitteilung.

je dois me borner à le limiter à une aride énumération, qui ne répond pas à l'importance de ces travaux.

Le Congrès et les estimables auteurs voudront bien excuser cette négligence involontaire.

La première communication présentée a été celle de M. G. La Rivière, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées à Lille, et c'est un mémoire du plus grand intérêt, parce qu'il nous fait connaître les résultats d'expériences pour la détermination des résistances, et parce qu'il nous donne un ensemble bien ordonné et méthodique de faits, tant mécaniques qu'économiques, concernant dix sections de fleuves et dix canaux de France, — un travail des plus intéressants.

La communication de M. l'Ingénieur La Rivière, a pour objet de fournir un tableau des améliorations et des progrès réalisés en France durant la dernière période quinquennale.

Dans une première partie, il est question de la traction mécanique sur les fleuves (Seine, Oise, Yonne et Rhône), avec spécification des dimensions et du tonnage des bateaux et de leur nouveau mode de traction. On y expose le développement des sections, le trafic, la vitesse, les tarifs et le mode d'exploitation.

Une seconde partie, avec une annexe détaillant des données analogues, s'occupe, au contraire, de la traction mécanique sur les canaux, en traitant séparément ce qui concerne les canaux de faite ou de point de partage des eaux, les canaux en tunnel et les canaux en pente.

Il est fait un exposé séparé des résultats de l'emploi de la traction électrique avec moteur tricycle (Galliot-Denèfle) sur chemin de halage sans rails, et avec des moteurs spéciaux de halage avec rails, sur les canaux d'Aire, de la Deule et de la Scarpe, pour un développement qui, déjà de 55 kilom. en 1900, sera bientôt, les travaux en cours terminés, porté à 83 kilom. — résultats qui ont été des plus satisfaisants.

Cette partie de la communication de M. La Rivière contient des données détaillées d'expériences dynamométriques sur les efforts de traction, dans la mise en mouvement et dans la marche, pour un convoi d'un jusqu'à quatre navires, dans un canal d'eau courante et au passage des écluses. Ces renseignements forment le complément des données remarquables, déjà offertes par MM. La Rivière et Bourgouin au Congrès de Paris, et par MM. Gérard et Mollard au Congrès de Dusseldorf.

Enfin, une dernière partie est consacrée à l'examen des systèmes de concession et d'exploitation des divers modes de traction le long des diverses voies.

La communication de M. La Rivière se termine en constatant, à titre de conclusions, que :

1° Sur les fleuves à grande section, le remorqueur l'emporte, presque partout, sur le touage à câble fixe ; que, cependant, le remorqueur à action mixte, libre ou avec câble, système Bovet, en usage sur la la Seine, réunit les avantages des deux systèmes.

2° Sur les canaux de navigation à section restreinte (principalement dans les parties en tunnel) le halage funiculaire continu, avec moteurs électriques extrêmes est le système préférable.

3° Dans les canaux ordinaires, à section non restreinte, la traction avec tracteurs électriques de halage sur rails est le préférable.

4° Il est émis le vœu que la législation française soit modifiée de façon à enlever aux voies navigables le caractère de voies libres et publiques qu'elles ont actuellement, et à établir, au contraire, des monopoles d'exploitation de la traction, ou l'exploitation directe par l'Etat.

Le remarquable mémoire de M. l'Ingénieur La Rivière ne donne aucunement prise à la critique, sinon peut-être en ce qui concerne une certaine lacune dans les indications par rapport aux conditions de vitesse propre de l'eau des canaux et des fleuves, durant les jours où ont eu lieu les expériences, et sur le sens et l'angle de traction, indications qui seraient nécessaires pour procéder à des comparaisons avec d'autres expériences.

Quant aux conclusions, on peut faire observer que, tandis que les trois premières offrent un caractère général et peuvent servir de guide en matière d'application, la quatrième ne pourrait être étendue et accueillie hors de France qu'avec une grande prudence et non sans beaucoup de réserves.

Le rapport de M. le professeur Merczyng, de l'Ecole des Ingénieurs de Pétersbourg, rend compte essentiellement de la façon dont s'effectue le trafic par voie d'eau de la Caspienne à la Baltique (sur un parcours de plus de 4,000 kilom., dont 3,000 par le Volga jusqu'à Rybinsk — avec une distance en droite ligne de 1,700 kilom. — et 1,100 environ par ce que l'on appelle le système Marie, une série de rivières secondaires canalisées et de canaux qui servent pour le trafic du Volga à la Baltique —

la distance directe de Rybinsk à Pétersbourg n'étant toutefois que de 660 kilom. environ.

Ensuite elle rend compte des études faites pour la substitution, le long de ces artères, à la traction chevaline prédominante, de la traction électrique, actuellement limitée aux 170 kilom. des nouveaux canaux contournant le lac Ladoga (canaux de 2.13 de profil d'eau et de 25 mètres de largeur au fond), construits pour offrir aux barques une voie sûre, ce qui n'est pas le cas pour le lac, à cause de ses fréquentes et furieuses bourrasques.

L'exposition des conditions historiques de fait et des conditions économiques de ce réseau de canaux, est du plus grand intérêt et d'utilité générale ; l'examen des difficultés qui s'opposent à la traction mécanique, tant au moyen de remorqueurs qu'avec des machines de halage et avec des câbles de traction hors de l'eau, et par suite desquelles, pour des raisons techniques et économiques, on préconise, comme préférable, le touage électrique (système Bovet), malgré le coût élevé de la chaîne, offre un intérêt plus que local.

M. le professeur Merczyng espère recueillir, au sein de notre Congrès, des éléments utiles pour l'élaboration du programme d'un concours international, que la Russie a l'intention d'ouvrir pour le vaste projet de l'introduction de la traction mécanique dans les canaux désignés, et ici nous ne pouvons, dans l'intérêt général, qu'engager les collègues compétents à entrer en relations directes avec l'honorable professeur Merczyng, auquel, dans l'entretemps, nous adressons nos plus vifs remerciements pour son intéressante communication.

M. le conseiller F. Thiele a présenté un rapport inspiré, non par des objectifs descriptifs locaux, mais par des vues d'un caractère plus général, et ayant pour but d'analyser la question du choix du système préférable pour la traction, avec des critères d'un caractère général, tant au point de vue technique, qu'au point de vue économique.

Les critères techniques sont développés en mode synthétique, bref et efficace ; ils correspondent à ceux des communications signalées plus haut.

En ce qui concerne les critères économiques, le mémoire actuel est comme une continuation et une application de ce que l'auteur a déjà développé dans le mémoire présenté à la pre-

mière section du Congrès de Dusseldorf sur le thème spécial de la résistance des navires à la traction.

Dans son mémoire d'aujourd'hui, M. Thiele considère comme rivalisant actuellement, pour les canaux de type correct, le système de halage avec moteurs électriques sur rails, et celui des remorqueurs libres à vapeur. Il analyse en détail les dépenses occasionnées par l'un ou par l'autre système, pour un canal de 100 kilom., du type du canal Dortmund-Ems et respectivement pour des trafics annuels de 2, 4, 6 et 8 millions de tonnes. Nous ne pouvons suivre ici de telles analyses ; il nous suffira de signaler que l'auteur indique les progressions et montre, par des diagrammes, pour quelle valeur de trafic cesse la supériorité économique de la traction par remorqueurs à vapeur sur la traction électrique avec halage, pour divers profils de canaux et divers tonnages de navires. Sur l'importance et la valeur de ces analyses, qui comprennent de nombreux facteurs et des coefficients variables, incertains et discutables, on peut différer d'opinion, mais en admirant l'esprit analytique qui y a présidé.

Le membre de l'Association des Ingénieurs civils de Londres, M. Thwaite, dans sa concise et substantielle communication, prend l'initiative de la constatation des nombreux efforts tentés vainement, au siècle passé, en Angleterre et ailleurs, pour remplacer, le long des voies d'eau, le halage par chevaux par des moyens mécaniques, et expose comment, en réalité, la traction animale persiste actuellement de la façon la plus étendue.

Il attribue cela à une imparfaite connaissance des difficultés du problème qu'il analyse et résume en neuf points. La reproduction de cette analyse dépasserait les limites de notre travail, mais elle doit être signalée à l'attention de tous ceux qui, aspirant à de rapides améliorations, attribuent trop facilement à l'inertie et à l'ignorance d'autrui le fait que leurs vœux ne sont pas rapidement réalisés.

L'auteur déduit de là les caractères techniques et économiques qu'un projet de remplacement du halage des chevaux par la traction électrique, devrait présenter pour être applicable à la majeure partie des canaux d'Angleterre et d'ailleurs. Ce chapitre mérite également d'être signalé.

Il examine les sept systèmes divers et typiques, proposés et examinés, de l'application de la traction électrique aux canaux, et après une comparaison rapide, il conclut que le plus apte à

être introduit et appliqué sur les canaux existants (sans paralyser brusquement la traction animale), c'est le système connu sous le nom de Thwaite-Cawley. Celui-ci ne pourrait être suffisamment exposé ici ; l'auteur, dans sa communication, le décrit tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, c'est pourquoi nous ne pouvons que renvoyer les membres du Congrès à la communication elle-même, non sans ajouter, cependant, que le rapporteur ne trouverait rien à retrancher aux conclusions de la dite communication.

Tandis que la communication et le projet Thwaite sont inspirés par le désir de ne pas abolir brusquement et violemment le halage par chevaux, le laissant coexister avec une application de la traction électrique, c'est d'une idée complètement opposée que s'inspire la communication, d'ailleurs très intéressante et remarquable, de M. l'Ingénieur en chef Kottgen, de Berlin.

Celui-ci part de ces prémisses, qu'il considère comme prouvées par les faits, mais qui ne concordent pas avec les appréciations de M. Thwaite, que la solution la plus avantageuse pour l'introduction de la traction mécanique, c'est l'adoption du halage avec moteurs et locomotives électriques à rails, sur les câbles des canaux.

Il passe en revue les expériences et les applications faites en France, aux Etats-Unis et en Allemagne, en s'arrêtant, avec d'intéressants détails, sur le concours et sur les expériences institués par la Direction du canal domanial de Teltow, près de Berlin, en 1903, à l'effet de déterminer le système à choisir pour introduire le monopole de la traction électrique le long de ce canal gouvernemental (37 kilom.). Ces expériences ont conduit à l'adoption du monopole, avec application du halage, pour le moment avec 22 locomotives électriques sur rails, type Meyer-Mack (Siemens et Halske), en cours de construction.

Le mémoire argumente ensuite sur la nécessité d'établir par des lois, ou le monopole direct de l'Etat, ou la concession du monopole de la traction, sur les canaux comme sur les chemins de fer, et ici l'on voit que si M. Kottgen n'est pas d'accord avec M. Thwaite, il est, au contraire, d'accord avec M. La Rivière.

Le Congrès ne devant pas se prononcer sur ce sujet, il est superflu d'insister sur la comparaison entre les systèmes de MM. Thwaite et Kottgen.

De caractère purement mécanico-technique, mais cependant importante, est la communication de M. l'Ingénieur Snyers, de Bruxelles, qui décrit un tracteur ou moteur pour la traction des navires avec halage du câble, du type à une seule ornière ou guide, connu sous le nom de type « isopedin ». Le mémoire tire un intérêt de ce que si, comme il est connu, désormais ont disparu les locomotives routières de halage sans guide, on ne peut, d'une manière générale et absolue, affirmer que celles à deux ou trois guides sont préférables à celles à une guide, du type isopedin.

Jusqu'à présent, le mémoire de MM. Clarke et Gérard, bien qu'annoncé et catalogué, ne nous est point parvenu, mais ce sont des noms si autorisés et si connus par d'autres travaux intéressants dans les Congrès antérieurs, qu'il n'est pas douteux que ce mémoire ne soit accueilli également avec faveur et gratitude par le Congrès.

Milan, Septembre 1905.

ETTORE PALADINI.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

- I. Section : Inland Navigation
2. Communication

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY

OF THE

Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

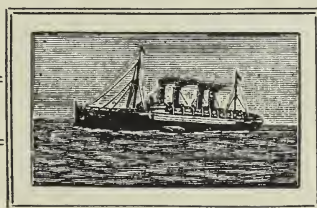
REPORT

BY

Mr. R. SNYERS

Civil Engineer

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

STUDY

OF A

New Mode of Mechanical and Economical Traction for Boats

REPORT

BY

Mr. R. SNYERS

Civil Engineer at Brussels

The tractor, of which the descriptive drawings are annexed is one of the many forms of application of a new system of single rail railway called « Isopedin », that is to say, single rail railway at the level of the ground which can, in many cases render the same services as a two rail line, while costing only one half of the other.

The *Chronique des Travaux Publics*, published at Brussels gave in its issue of January 29, 1905, an account of the tests made at Louvain, at the factory of the « Dyle and Bacalan » Society, on this new system of transportation. In view of the results obtained by these tests, it seems interesting to set them forth here, and to explain the principles on which the system is based and the arrangements involved.

The following is an extract of the report, published by the *Chronique des Travaux Publics*, in regard to the tests made at Louvain.

.
We were present at the trials made at Louvain, and here is what was seen :

The first car built rests on a single truck, composed of two wheels on a rail and two wagon wheels set crossways with the others. The carriage has 12 seats and space, on a rear platform, for 6 persons standing, in all room for 18 passengers. A small essence (petroleum) motor of 15 H. P., from the Vivinus shops, is on the front platform. The total dead weight is about 2,500 kilogrammes. The motor drives only one of the wheels on the rail.

In one of the immense courts of the Dyle shops, there has been set up a single rail trial track, composed of two tangents 70

metres long and two semi-circles of 6 metres radius. Finally, on the road taken by the wagon wheels, all sorts of obstacles were strewn : ditch, stones, blocks of wood, etc., projecting as much as 0 m. 25 (= 10 in.) The car was started first without any load, the inventor and the fireman being alone on board. It was observed that the wagon weels passed over the obstacles without causing any sensible shocks to the vehicle ; the curves, in spite of their small radius, were taken without difficulty.

The car was then loaded with 1,500 kilog. of rails, evenly distributed at first, then with half the load on one side. The carriage acted just as well, being even perfectly steady on a part of the track where the cross-section had a slope of 25 %.

One of the wagon wheels was made to pass over the platform of a weigh scales, when it was noted that the load on this wheel was only 300 kilog., the total being, however, 4,000 kilog. It was also noticed that, in starting, the driving wheel on the rail does not slip, even with an obstacle placed against the wagon wheels. This shows beyond peradventure that the resistance to traction is almost zero and that the best conditions exist for the efficiency of the motive power.

Finally the seven onlookers mounted the car and satisfied themselves as to how smoothly it ran, passing over the obstacles on the track without noticing them. The speed on the tangents was raised to 17 kilometres (= 10,56 miles) an hour. A higher rate could not be made an account of the nearness of the curves, which were taken boldly, nevertheless, at a speed of 10 to 12 kilometres (= 6.20 to 7.50 miles). It was remarked that the greater the speed, the less the passage of the obstacles was felt.

There can be no doubt, after such conclusive tests, that the solution of the single rail problem is radical. Nevertheless the inventor claims that the test type with one truck does not wholly realize his conception ; that the true type of his vehicles has two bogey trucks and that the result of this construction would give the power of going around still sharper curves, greater stability and much easier running, although the type tested seemed to be thoroughly satisfactory even for those hardest to please. The inventor pointed out also that a petroleum motor is not obligatory, and that any other form of motive power can be adapted easily to the vehicle.

And now, how must the part to be taken by this plant in transportation be considered ?

It seems to fill a double lack from two very different points of view :

As a small local railway, which can be located at small cost on county highways and roads, can follow safely the most complicated meanderings, can adapt itself to all accidents of the ground.

The economy of location, rolling stock and operating are able to make it sufficiently remunerative even for a very small traffic, which would be ruinous for a more important plant.

The part to be played by this mode of transportation is clearly pointed out as being that of a tributary or feeder.

.
To sum up : the new isopedin single rail satisfies the following programme, which may be considered as the sum of all the requirements which can be laid down for cheap transportation.

1° The guiding track is reduced to a single line of rails whose net cost is about half that of the usual double lines of rails ;

2° There is fitted to this single rail a special rolling stock involving carrying wheels rolling on a single line of rails and wagon or equilibrium wheels resting and running directly on the ground.

The mechanical union between these two kinds of wheels is such that the load is borne almost wholly by the rail, whatever be its distribution on the car ;

3° The inequalities of the ground on which the wagon wheels run do not react on the vehicle, which runs as smoothly as on a track with two rails ;

4° The coefficient of traction is practically the same as on a two-rail track, the load on the wagon wheels being but a very small fraction of the total weight ;

5° The rolling stock can pass, if necessary, around a curve of three metres radius ; hence it is still more supple than automobiles and it is suited to circulation on the most winding roads ;

6° The wagon or equilibrium wheels affect, on each side of the rail, only a narrow parallel strip as wide as their tires ; the maintenance of the line is limited to these very narrow parts ;

7° The track allows the making up of trains of several cars hauled as on two-rail tracks ;

8° The guiding track gives perfect security to the direction of the train ; the Louvain tests proved that derailments are less to be feared on this track than on those with two rails.

A few words now about the principle of construction of the Isopedin rolling stock will be useful, in order well to understand its working.

As shown by the two schemas herewith, the running truck has a first frame CH supported by the wheels RR which run on the rail. A second frame ABCD, having the shape of a cranked axle, is jointed to the first frame CH, the part AB being able to turn freely in the pillow blocks fastened to the side bars CH and the arms CA, BD resting on the axle arms F of the two wagon wheels RC. The frame CH is supported, generally, by a second frame A'B'C'D', having as a support the same wagon wheels

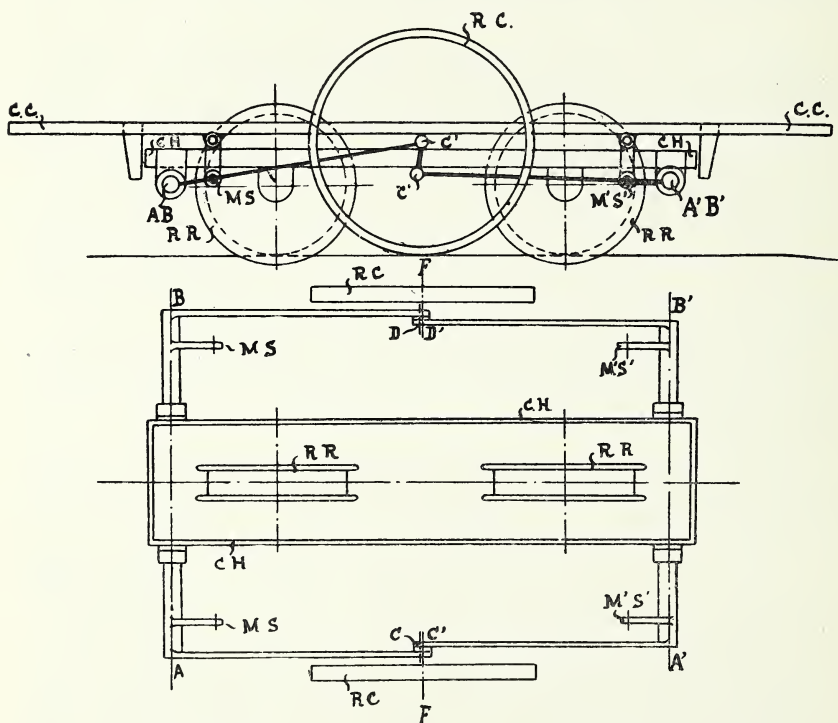


Schéma I, two wagon wheels.

as the first frame, and, in this case, joined to the latter by a double jointed knee ; or a second pair of wagon wheels R'C' independent of the first. Two small levers MS and M'S' are fastened to AB and A'B', and on these is suspended the frame CC for the carriage body proper.

Suppose that the length of the levers MS and M'S' be $1/n^{\text{th}}$;

of the arms DB, AC and D'B', A'C', it is evident that the weight P borne by the carriage frame CC will be only $1/n^{\text{th}}$ of P on the wagon wheels RC and that $\frac{n-l}{n}$ will rest on the frame CH, which is carried by the wheels on the rail. Reciprocally if the wheels RC run over an obstacle, of which the height or depth from the ground is Q, the effect of this jolt on the carriage frame will only be $1/n^{\text{th}}$ of Q.

So far as the stability of the truck is concerned, if E be the distance between the two wagon wheels, the static base will be included between two lines parallel to the

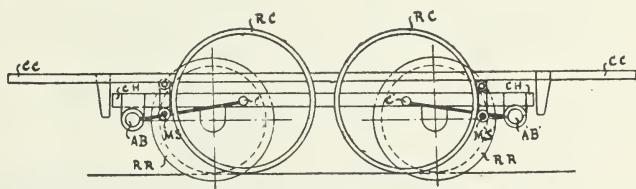


Schéma II, four wagon wheels.

rail and at a distance apart represented by E/n . Hence the stability of the vehicle will be the same as though it ran on a narrow gauge road having the rails E/n apart. If the ratio $1/n$ be small enough, the natural stability may become insufficient, but it is completed by an elastic connection RA between the arms ABCD, A'B'C'D' and the frame CH.

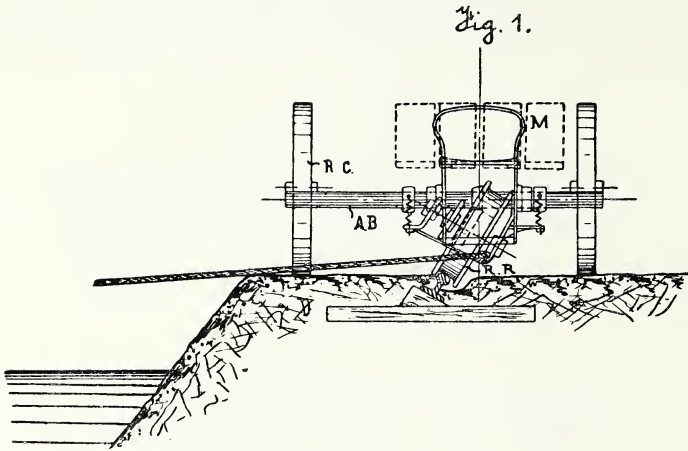
For the good working of the system, the frames ABCD and A'B'C'D' must be both rigid and elastic at the same time, which appears to be a paradox. This property is merely mentioned, without any attempt at demonstrating it.

Such are the very simple principles of construction of an isopedin single rail truck. Their effect in a word is :

- 1° to make the truck perfectly stable ;
- 2° to throw nearly the whole load on the track wheels ;
- 3° to do away with the jolting and jarring arising from the running of the wagon wheels on the inequalities of the ground.

These principles may take very different forms, but of all their applications to transportation, the most particularly interesting one is that relating to the subject under consideration, the traction of boats. Description is limited, therefore, to this one object.

The single rail is laid on the towpath of canals or navigable streams. The track is a line of rails, supported by small cross-ties 0 m. 60 to 0 m. 70 long to which they are fastened by means of a wedge which tips the rail away from the stream. The driving wheels of the tractor also lean according to the tip of the rail, so that the resultant of the force of traction and the weight of tractor truck passes through the rail or very close to it. It helps in this way the adherence of the driving wheels

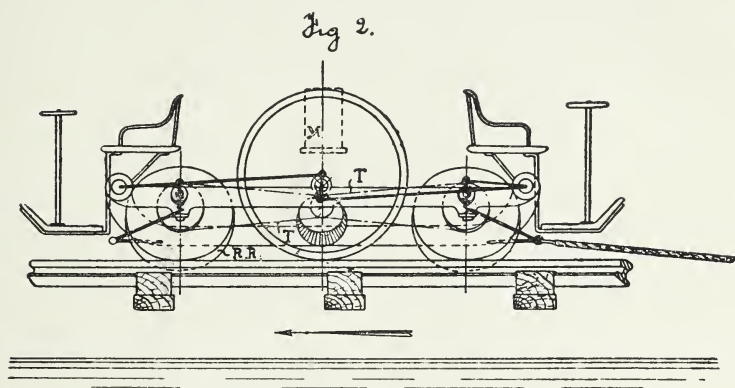


on the single rail track, an adherence which increases with the intensity of the pull, hence it will not be necessary to give to the truck a weight in proportion of the work which it has to do ; in this way, any tendency toward upsetting is also completely avoided. Furthermore, the effect of the pull on the cable is to sustain the driving wheels, so that their flanges exert no lateral friction on the rail ; whence there is a saving in the force of traction.

The local operating needs must determine the sort of motive power. This is why none is especially mentioned on the designs of the tractor truck ; but it is as easy to put on a steam motor and its boiler, as an electric or petroleum motor.

The object of this study is merely to show how, by a very economical and easily laid single rail track, as it does not cost more than 5000 to 6000 francs per kilometre (= \$1550 to \$1860 per mile), the same useful effect can be realized as with a two rail track costing at least twice as much, much harder to lay and much more in the way.

All the ordinary calculations for operating expenses, expenditure of motive power, etc., can be applied to the Isopedin just as to a two-rail track, remembering, however, that the mainte-



nance of the single-rail track will be much less. It will also be found, in the final economic efficiency, that the first cost being much less, and needing less capital, the earnings of the latter will be much more easily obtained.

R. SNYERS.



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX

sur les fleuves, les canaux et les lacs

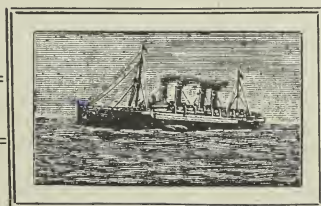
RAPPORT

PAR

M. R. SNYERS

Ingénieur civil à Bruxelles.

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ÉTUDE

SUR UN

nouveau mode de traction mécanique et économique des bateaux

RAPPORT

PAR

M. R. SNYERS

Ingénieur Civil à Bruxelles

Le tracteur dont nous donnons les plans ci-joints, est une des nombreuses formes d'application d'un nouveau système de chemin de fer unirail dit « Isopédin », c'est-à-dire chemin de fer unirail à fleur de sol, et qui en beaucoup de cas peut rendre les mêmes services qu'un chemin de fer birails, en ne coûtant que la moitié.

La *Chronique des Travaux Publics*, publiée à Bruxelles, a, dans son numéro du 29 janvier 1905, rendu compte des essais qui ont été faits à Louvain aux usines de la « Société Dyle et Bacalan » sur ce nouveau système de transport. Il ne paraît pas sans intérêt en présence des résultats de ces essais de le faire connaître ici en exposant les principes sur lesquels il repose et les dispositifs qu'il comporte.

Voici au sujet des essais effectués, à Louvain, un extrait du rapport publié par la *Chronique des Travaux Publics* :

.
Nous avons assisté aux essais faits à Louvain, et voici ce que nous avons vu :

La première voiture construite repose sur un seul truck, composé de deux roues sur rail et de deux roues charretières disposées en croix. La carrosserie comporte 12 places assises et 6 places debout sur une plate-forme d'arrière, soit 18 places voyageurs. Sur la plate-forme d'avant est un petit moteur à essence de 15 chevaux (dont on n'utilise que 2 à 3 chevaux), sorti

des ateliers Vivinus. Le poids mort total est d'environ 2,500 kilog. ; le moteur ne commande qu'une seule des roues sur rail.

Dans une des vastes cours des ateliers de la Dyle, on a établi une piste unirail d'essai, composée de deux parties droites d'environ 70 mètres de long, terminées par deux hémicycles de 6 mètres de rayon. Enfin, sur le chemin parcouru par les roues charretières, on a semé divers obstacles : fossé, pierres, blocs de bois, etc., ayant jusqu'à 0 m. 25 de saillie. La voiture fut mise d'abord en marche sans charge, montée seulement par l'inventeur et un chauffeur. Nous observâmes que les roues charretières passaient sur les obstacles sans occasionner de secousses sensibles au véhicule ; les courbes, malgré leur très petit rayon, furent franchies sans difficulté.

On chargea ensuite la voiture d'un poids en rails de 1,500 kilog., d'abord réparti également, puis avec la moitié de la charge sur un côté. La voiture se comporta tout aussi bien, conservant un équilibre parfait même dans une partie du parcours. où le profil en travers de la voie était incliné de 25 %.

On fit passer une des roues charretières sur le plateau d'une balance et on constata que la charge sur cette roue n'était que de 300 kilog., la charge totale étant cependant de 4,000 kilog. Nous remarquâmes aussi qu'au départ, la roue motrice sur rail ne patine pas, même si l'on applique un obstacle contre les roues charretières. Ceci démontre victorieusement que la résistance à la traction est presque nulle et que l'on se trouve dans les meilleures conditions pour le rendement de la force motrice.

Enfin les sept spectateurs montèrent sur la voiture et éprouvèrent eux-mêmes la douceur du roulement, passant sans s'en douter les obstacles du parcours. La vitesse dans les parties droites fut portée à 17 kilomètres à l'heure ; on n'osa aller au-delà à cause de la proximité des courbes que néanmoins on passa audacieusement à une vitesse de 10 à 12 kilomètres. Nous fîmes aussi la remarque que plus la vitesse est grande, moins le passage des obstacles est sensible.

Notre conviction après des essais aussi concluants, est que la solution du problème du monorail est radicale. L'inventeur prétend néanmoins que le type d'essai à un truck ne réalise pas encore l'entièreté de sa conception : que le véritable type de ses véhicules est à deux trucks à bogie et qu'il en résulterait la faculté de passer des courbes encore à plus petit rayon, une stabilité et une douceur de roulement encore plus parfaites,

bien que nous trouvions celle du type essayé déjà satisfaisante pour les plus difficiles. L'inventeur nous fait aussi observer que l'usage d'un moteur à essence n'est pas d'obligation, et que tout genre de force motrice est facilement adaptable au véhicule.

Et, maintenant, comment doit-on envisager le rôle de ce nouveau matériel dans l'industrie des transports ?

Nous pensons qu'il résout une double lacune à deux points de vue extrêmes :

Comme petit chemin de fer de pénétration, pouvant s'installer à peu de frais sur les routes et chemins vicinaux, suivre avec sécurité leurs méandres les plus compliqués, s'adapter à tous les incidents du sol.

L'économie, tant comme frais de voie, de matériel roulant et d'exploitation pouvant le rendre suffisamment rémunérateur même pour un très petit trafic, lequel serait ruineux pour une installation plus conséquente.

Le rôle d'affluent de ce mode de transport est donc tout indiqué.

.

En résumé, le nouvel unirail isopédin satisfait au programme suivant, que l'on peut considérer comme la somme des desiderata à formuler en matière de transports économiques :

1° La voie conductrice est réduite à une seule file de rails dont le prix de revient est d'environ la moitié des voies birails usuelles ;

2° A cette voie unirail est adapté un matériel roulant *ad hoc* comportant des roues porteuses roulant sur la file unique de rails et des roues d'équilibre ou charretières prenant appui et roulant directement sur le sol.

Le mécanisme d'union entre ces deux genres de roues est tel, que la charge repose toujours en presque totalité sur le rail, quelle que soit la répartition de celle-ci sur le véhicule ;

3° Les inégalités du sol sur lequel roulent les roues charretières, ne se répercutent pas sur le véhicule, et le roulement de celui-ci est aussi doux que sur une voie birails ;

4° Le coefficient de traction est sensiblement le même que sur une voie birails, la charge sur les roues d'équilibre n'étant en effet qu'une très minime fraction de la charge totale ;

5° Le matériel roulant peut au besoin passer des courbes de trois mètres de rayon ; il a donc une souplesse plus grande encore que les automobiles et est apte à circuler sur les routes les plus sinueuses ;

6° Les roues d'équilibre ou charretières n'affectent de chaque côté du rail qu'une bande parallèle de la largeur de leur bandage; c'est à ces parties très étroites que se borne l'entretien de la route;

7° La voie permet de composer des trains de plusieurs voitures remorquées comme sur les voies birails;

8° La voie conductrice assure à la direction du train, une sécurité parfaite; les expériences de Louvain, ont, en effet, prouvé que les déraillements sont encore moins à craindre sur cette voie que sur les voies birails.

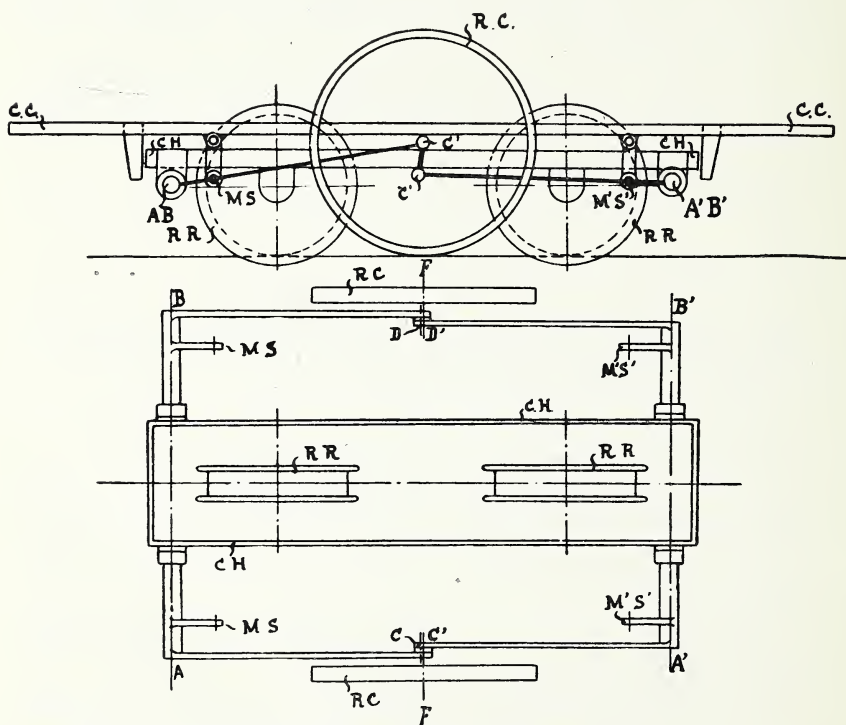


Schéma I, deux roues charretières.

Quelques mots encore sur le principe de construction du matériel roulant Isopédin, ne seront pas inutiles pour bien comprendre son fonctionnement.

Ainsi que le montrent les deux schémas ci-dessous, le truck roulant comporte un premier châssis C H supporté par les roues sur rail R R. Au châssis C H est articulé un cadre A B C D en forme d'essieu

coudé, la partie A B pouvant tourner librement dans les coussinets fixés aux longerons C H et les bras ou brancards C A, B D s'appuyant sur les fusées F des deux roues charretières R C. Généralement le châssis C H est soutenu par un second cadre A' B' C' D', ayant comme support soit les mêmes roues charretières que le premier cadre, et, en ce cas, joint à celui-ci par une genouillère G doublement articulée; soit une seconde paire de roues charretières R' C' indépendantes de la première. Sur A B et sur A' B' sont fixés deux petits leviers M S et M' S', auxquels est suspendu le châssis C S, de carrosserie proprement dit.

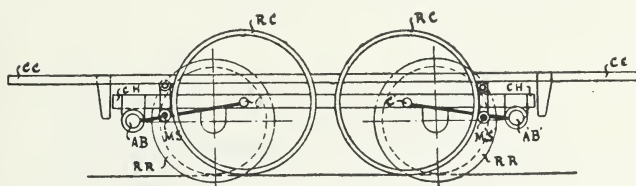


Schéma II, quatre roues charretières.

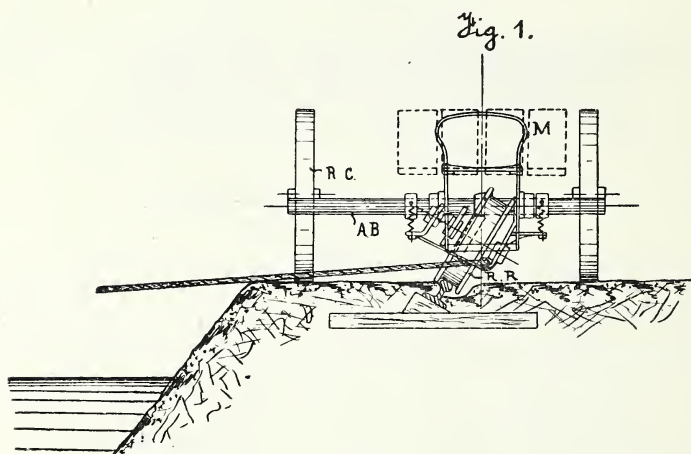
Supposons que la longueur des leviers M S et M' S' soit $1/n^{\text{ème}}$ des brancards D B, A C et D' B', A' C'. Il est évident que la charge P portée par le châssis de carrosserie C C ne pèsera que $1/n^{\text{ème}}$ de P sur les roues charretières R C et que $\frac{n-1}{n}$ P reposera sur le châssis C H, supporté lui-même par les roues sur rail. Réciproquement si les roues R C passent un obstacle, dont le relief ou la dépression soit Q, la répercussion de ce cahot sur le châssis de carrosserie ne sera que $1/n^{\text{ème}}$ Q.

Au point de vue de la stabilité du truc, si E est l'écartement entre les deux roues charretières, la base statique sera comprise entre deux lignes parallèles au rail, et distantes entre elles de E/n . Le véhicule aura donc la même stabilité que s'il roulait sur une voie étroite à l'écartement E/n . Si la proportion $1/n^{\text{ème}}$ est assez petite, la stabilité naturelle peut devenir insuffisante, mais elle est complétée par un lien élastique R A entre les brancards A B C D, A' B' C' D' et le châssis C H. Pour le bon fonctionnement du système, il faut aussi que les cadres A B C D et A' B' C' D' soient à la fois rigides et élastiques, ce qui paraît un paradoxe. Nous nous bornons à énoncer cette propriété, sans la démontrer.

Tels sont les principes très simples de la construction d'un truck unirail isopédien. En résumé ils ont pour effet :

- 1° d'assurer la parfaite stabilité du truck ;
- 2° de rapporter la presque totalité de la charge sur les roues sur rail ;
- 3° d'annihiler les cahots et trépidations provenant du roulage des roues charretières sur les inégalités du sol.

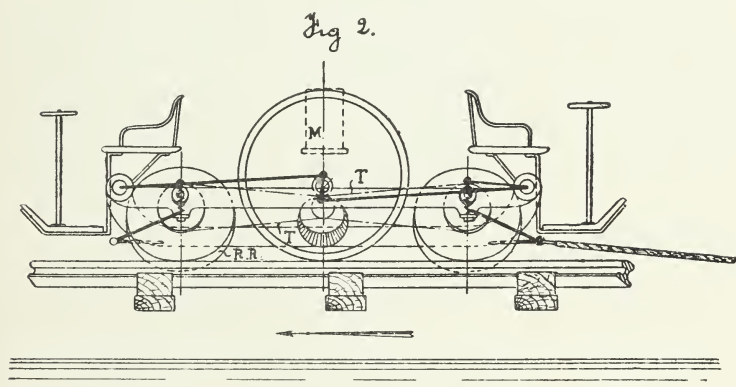
Ces principes sont susceptibles de recevoir des formes très diverses, mais de toutes leurs applications aux transports, celle qui intéresse particulièrement le sujet qui nous occupe concerne la traction des bateaux ; nous bornerons donc la description à ce seul objet.



La voie unirail s'installe sur le chemin de halage des canaux ou des cours d'eau navigables. La voie consiste en une file de rails du profil vignole, supportée par de petites traverses de 0.60 à 0.70 de long, sur lesquelles les rails sont fixés en interposant une semelle en forme de coin qui leur donne un certain devers opposé au cours d'eau. Les roues motrices du tracteur sont également inclinées selon le devers du rail, calculé de façon que la résultante de l'effort de traction et de la pesanteur du truck tracteur passe par le rail ou en soit très voisin. Elle concourt ainsi tout naturellement à l'adhérence des roues motrices sur la voie unirail, adhérence d'autant plus forte que l'effort de traction est plus grand; il ne sera donc pas nécessaire de donner au truck un poids en rapport du travail qu'il doit accomplir; la tendance au renversement est aussi complètement évitée, enfin, la

traction du câble a pour effet de soutenir les roues motrices, de façon que leurs mentonnets n'exercent aucun frottement latéral sur le rail; d'où économie de l'effort de traction.

Quant au genre de force motrice, c'est aux convenances locales d'exploitation de le déterminer; c'est pour cette raison que les dessins du truck tracteur n'en spécialisent aucune; mais il est aussi facile de lui appliquer un moteur à vapeur avec sa chaudière, qu'un moteur électrique ou un moteur à essence.



Le but de cette étude est seulement de montrer comment par une voie unirail d'une installation facile et très économique, (puisque'elle ne revient qu'à 5,000 ou 6,000 francs le kilomètre), on peut réaliser le même effet utile qu'avec une voie birails coûtant au moins le double, d'une installation plus compliquée et beaucoup plus encombrante.

Tous les calculs usuels de frais d'exploitation, dépense de force motrice etc., peuvent être appliqués à l'Isopédin comme si la voie était birails, en tenant compte toutefois que l'entretien de la voie unirail sera plus réduit. Dans le rendement économique final, on trouvera également que les frais de premier établissement étant beaucoup moins élevés, et nécessitant un capital moindre, la rémunération de ce dernier sera d'autant plus aisée.

R. SNYERS.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

- I. Section : Inland Navigation
2. Communication

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY

OF THE

Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

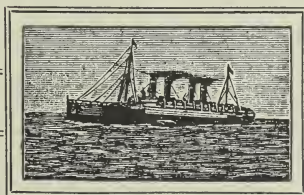
REPORT

BY

G. LA RIVIÈRE

Chief Engineer of the Ponts et Chaussées at Lille

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ECONOMIC AND TECHNICAL STUDY

OF THE

Mechanical Traction of Boats on Rivers and Canals

REPORT

BY

Mr. G. LA RIVIÈRE

Chief Engineer of the Ponts et Chaussées at Lille

Present state of the question

Messrs La Rivière and Bourguin, in their reports to the VIIth and VIIIth Congresses, explained the mechanical traction processes in use on the French canals and dwelt particularly on the attempt at running on the canals of the North of France by the use of automobile tractors on the bank, working by electricity (Galliot-Denèfle system).

Mr. Leon Gerard, on his side, in a report distributed at the Congress of Paris, described the electric tractors and towers which he made for the canal from Charleroi to Brussels, and gave the information and experimental figures resulting from the operations which he himself has directed since the end of 1899.

The tests on the Aire and the Deûle canals and these on the Charleroi canal were just beginning in 1900 ; other systems had been proposed by M. Köttgen, and it was impossible to deduce from the experiments tried any reliable conclusions in favor of this system or of that.

So, the Congres of Brussels limited itself to bringing forth from the discussion a few general conclusions of a sort to serve as a guide in future studies and experiments, and to resolving « that the competent Administrations encourage as far as possible tests on a large scale of the modes of mechanical traction which may seem to them capable of giving good practical results. »

The Congress of Paris stopped, in its turn, « at noting that the sundry applications of electric traction made in France, Belgium and Germany, gave rise to the hope for effective results, from the standpoint of the perfection of means for operating canals, and that, independently of the general advantages which

will follow the development of distributions of electricity » and resolved that « sufficiently long electric traction operations, to give conclusive results from the technical and economic standpoint, be greatly facilitated and encouraged by the public Administrations of the different countries. »

The IXth Congress did not place mechanical traction among the questions to be considered ; the interesting communications made by Messrs. Leon Gerard and Mollard, in favor of electric traction on rails called forth no discussion, and, hence, ended in no conclusions. More will be said further on about the reports of Messrs Gerard and Mollard, which would certainly have deserved a deep and thorough examination if time had not been lacking at Dusseldorf to look carefully into them.

The Committee on Organization of the Xth Congress having indicated among the communications to be made « the economic and technical study of the mechanical traction of boats on rivers, canals and lakes » the author was charged with telling briefly the progress made in France since the preceding Congresses.

I. — Mechanical traction on rivers

The official statistics published by the Minister of Public Works for the year 1902, and the information so kindly furnished by the engineers of the interested services, have given the means of preparing Table I, further on, which sums up the technical and economical conditions of working of the mechanical traction services in operation on open rivers, whether canalized or not, of the system of French navigable highways.

Neither the cost of operating, nor the receipts and traffic of the various traction enterprises, working at the same time on each river, could be found. The figures given for the number of annual boats-kilometres and the annual kilometric tonnage are those contained in the official statistics for 1902. They give an idea of the collective importance of the enterprises operating on the same river in competition with each other. They are below the reality, at least for the Seine and the Oise, for the general strike of the miners which paralyzed the colliery basins of the Nord and the Pas-de-Calais during the last quarter of 1902, reduced largely, as a consequence, the traffic of the North of France for that year.

A few items of information and estimates which could not be inserted in the table will first be given.

Seine. — The main peculiarities and the value of the hauling

towboats (1) (*toueurs-remorqueurs*) of the Bovet system used since 1892 by the *Société générale de touage et de remorquage* to draw the tows between Paris and Conflans (mouth of the Oise) have been described in reports presented to preceding Congresses.

These hauling towboats, in which, as is known, the adherence between the chain and the hauling pulley is obtained electromagnetically, are powerful and supple affairs. They can utilize, most rationally, hauling on a chain going upstream and towing by means of a propeller in going downstream, and insure consequently a very regular traction service under the most difficult and the most varied conditions.

These boats are easily guided, require little maintenance, and wear the chain much less than the old haulers with multiple spools.

They exert on the chain pulls of 3,500 to 6,900 kilogrammes, at speeds varying from 6.75 to 2.50 kilometres an hour, the indicated power put forth by the engines varying from 70 to 235 HP. Going light on a clear river, they make 16 kilometres an hour in still water with an I.H.P. of 200.

Working on the chain, these haulers go up against the strongest currents with 5 Flemish barges, representing a total load of 1 500 tons.

The sole system in use between Paris and Rouen is steam towing, to the exclusion of hauling.

Canalized Oise from Janville to the Seine. — Nearly all the loaded traffic on the canalized Oise goes downstream. *The Société générale de touage et de remorquage* uses as tractors screw tugs of 100 to 150 I.H.P. exerting a pull of 1 350 to 2 350 kilogrammes. The tows going downstream are composed of 5 boats, representing an effective tonnage of 1 450 tons.

Rhone, from Lyons to the Sea. — Experience has gradually made the old porter boats on the Rhone disappear before other modes of traction. It has also a tendency to establish a marked superiority of towing over hauling. The price of this latter mode of traction would scarcely fall to the level of the price of towing if the haulers ran all the year round at the maximum of their hauling power.

(1) As the «*toueur*» is little known in England and the United States, if at all, the translator is at a loss for a term to express a non-existent idea. As the «*toueur*» exerts its strength and obtains its results by *hauling* in on a chain, the term «*hauling towboat*» is used to convey the idea of a vessel which can work on a chain or not, according to circumstances.

I. — Mechanical traction services working on

NAMES OF THE RIVERS	KIND OF TRACTION USED — OPERATING SOCIETIES	DATE OF AUTHORIZATION OR CONCESSION — PLANT EMPLOYED	LENGTH OF CABLE
<i>Seine.</i> 3d. and 4th sections : From the bridge at Montereau to the fortifications above Paris.	Towboats and haulers. Compagnie de touage et de remorquage de l'Yonne et de la Haute Seine.	Hauling authorized until 1931, by decree of July 16, 1904. No monopoly. 10 haulers. 40 towboats.	Kilom 98
<i>Seine.</i> 5th section : Part of the river lying within the fortifications of Paris.	Hauling on chain and towing. Various companies, especially the Société générale de touage et de remorquage (C ^e Williams) and Société du remorquage de la Haute-Seine.	Decrees of April 6, 1854 ; August 13, 1856 ; May 8, 1860 ; June 19, 1894, and June 16, 1904. No monopoly. 16 haulers, 46 towboats, 78 carriers or steamboats of various sorts.	13
<i>Seine.</i> 6th, 7th and 8th sections : From Paris to Rouen.	Hauling on chain going upstream. Towing going downstream. Société générale de touage et de remorquage (C ^e Williams).	Hauling authorized by decrees of August 6, 1854 ; May 8, 1860 ; June 19, 1894. No monopoly. 4 hauling-towboats, Bovet system, 5 ordinary haulers, 51 towboats. The trains have 5 boats generally.	240
<i>Seine.</i> 9th section : From Rouen to the sea.	Towboats, carriers, and carrier-towboats. Five private societies.	Only three societies have been authorized by ministerial decisions of May 27, 1891, June 18, 1900 and March 9, 1904. No monopoly. 12 towboats, 6 carriers, 9 carrier-towboats.	12
<i>Oise.</i> From Janville to the Seine	Canalized Oise. Steam towing. Société générale de touage et de remorquage (C ^e Williams). Compagnie Mazy and Société Française.	Ministerial decision of January 23, 1882. No monopoly. Compagnie Williams, 51 towboats. » Mazy, 12 » Société Française, 12 » The trains have 5 boats as a rule.	10
<i>Yonne.</i> From Laroché to Montereau.	Hauling on submerged chain. Compagnie de touage et de remorquage de l'Yonne et de la Haute-Seine.	Decree of January 18, 1873. No monopoly. 4 haulers.	8
<i>Rhône.</i> From Lyons to the sea	Carriers, towboats and haulers. These last tend to predominate. Various private parties and societies.	Hauling authorized by ministerial decision of December 6, 1883. No monopoly. Various private parties own 7 towboats, 8 haulers, 5 carriers.	32

natural rivers of wide section (canalized or not).

WIDE SECTION AND WETTED OF THE WAY	SECTION AND USEFUL TONNAGE OF THE BOATS	SPEED				NUMBER OF ANNUAL BOAT-KILOMETRES IN 1902	KILOMETRIC TONNAGE OF EFFECTIVE LOAD in 1902	KILOMETRIC RATES	
		PER SECOND		PER HOUR				Up	Down
		Up	Down	Up	Down				
M ² About 400	Péniches of 300 T., flûtes of 200 to 300 T., chalands of 200 to 600 T., from 11 m ² 25 to 24 m ² .	Metres From 1.11 to 1.39 for hauled boats from 1.39 to 1.67 for towed boats.		Kilom. From 4 to 5 for hauled boats, from 5 to 6 for towed boats.		1.062.210	220.939.833	2 ^m / ^m 8 per kilometric ton of space and 10 ^m / ^m per kT. of actual load.	0 ^m / ^m 7 per k. T. of space and 2 ^m / ^m 5 per kT. of actual load
About 750	Péniches of 300 T., flûtes to 200 of 300 T., chalands to 200 to 1 000 T., from 11 m ² 25 to 26 m ² 15.	From 1.111 to 1.389	From 1.954 to 2.056	From 4 to 5	From 7 to 7.50	217.395	51.087.946	From 5 ^m / ^m to 9 ^m / ^m per kT.	From 2 ^m / ^m 5 to 4 ^m / ^m per kT.
640 to 750	Péniches of 300 T., chalands of 500 to 1 000 T. (maximum) from 11 m ² 70 to 26 m ² 15.	From 0.70 to 1.90	From 1.50 to 2.95	From 3 to 5.50	From 6 to 9	2.070.018	57.504.626	From 7 ^m / ^m 5 to 15 ^m / ^m per kT. From 0.20 fcs to 0.35 fcs per empty boat, summer or winter.	From 4 ^m / ^m to 6 ^m / ^m per kT.
Least section at low tide: 600	Chalands of 24 m ² carrying as much as 1.100 tons.	3.5 taking advantage of favorable currents and stopping when the current is adverse.			About 7.8	189.879	29.810.949	20 ^m / ^m per kT. 1f.20 per empty boat.	20 ^m / ^m per kT. 1f.20 per empty boat.
125	285 T. 9 m ²	From 1.10 to 1.50	From 1.10 to 2.20	From 4 to 5.50	From 7 to 8	1.266.966	344.613.819	2 to 5 ^m / ^m	1 to 2 ^m / ^m for empty boats, the traction prices are sensibly 2/3 of what they are for loaded boats.
200	280 T. 9 m ²	2.20 to 2.80		5	6	251.832	32.738.187	3 ^m / ^m 024 per kT. of actual space and 11 ^m / ^m 7 per kT. of actual load.	0 ^m / ^m 756 per kT. of actual space and 3 ^m / ^m 24 per kT. of actual load.
From 300 to 1.600	From 9 to 11 m ² Useful Tonnage: 425 tons	Haulers 0.972 Tow-boats 1.388	Haulers 1.666 Tow-boats 5.585	Haulers 3 Tow-boats 5 to 6	Haulers 6 Tow-boats 20	695.386	94.572.522	Variable according to a classification similar to that of the railways, with prices less by 35 to 40 % than those of the railways.	

NOTE. — The *péniche* is a boat very like the boats on the Erie canal; the *flûte* is a smaller boat and open; the *chaland* is a large barge or lighter with a model bow.

II. — Mechanical traction on inland navigation canals

A. — TUNNELS AND SUMMIT LEVELS

Table II, further on, shows the operating conditions of the mechanical plants now existing in the tunnels and on the summit levels of the French canals.

The information which it contains was furnished very kindly by the engineers of the services interested.

Scarcely, any progress has been made in these operations since the last Congresses.

So, only a few special points, which could not be incorporated in the table, will be pointed out for each one.

Summit level of the Saint Quentin canal. — The summit level of the Saint Quentin canal has let pass an enormous traffic, which, so far as known, is not equalled by any canal in the world, and which may be estimated at 5 million tons (exactly 4 968 850 tons in 1903) passing over this section from end to end.

For a total length of 20 km. 160, this summit contains :

	Km.
2 single width tunnels (17 m ² 2), with a total length of	6,770
single width cut (29 m ² 2) with a length of	2,670
<hr/>	
Total single width	9,440
Double width cuts (41 to 42 m ²)	10,720
<hr/>	
Grand total	20,160

The Flemish *péniches* which circulate on this canal carry full 285 tons and draw 1 m. 80. The ratio between the wetted section of the canal and the immersed section of the boat is :

in the tunnels	1.9
in the single width cuts	3.3
in the turn cuts	4.6
in the double width cuts	4.77

The service was organized, up to June 1902, with two intermediate relays, and to handle a total annual traffic of nearly 5 million tons, the trains had to reach 10 000 tons (35 boats).

The present organization, which includes to or three relays, according to circumstances, requires tows of only 7 000 tons at most (25 loaded boats), from the North toward Paris. The number of loaded boats going the other way, does not exceed 10 as a rule, carrying nearly 3 000 tons. In this way an annual tonnage of nearly 7 million tons can be obtained.

The steam haulers in service, 6 in number, develop an effective work of 25 to 40 HP. measured on the tow line.

This system has given full satisfaction for forty years, by reason of the good construction of the engines and vessels, of constant maintenance and of the successive transformations which have taken place. But steam towing has serious disadvantages in going through tunnels, and especially is this the case for the longer of the two on this level, 5 km. 670 m., on account of the slow outflow of the smoke through the air shafts.

This trouble decided the engineers to propose the substitution of electricity for steam, without changing otherwise a system whose good points have been borne out fully by experience.

Experiments in traction were made for this purpose in the longer tunnel, at speeds varying between 1200 and 1800 metres an hour (0 m. 33 to 0 m. 50 per second), with tows of 10 to 33 boats; they showed that the force of traction measured by the dynamometer on the tow line varies within these limits:

Mean effort for the whole tunnel from 2,410 to 4,635 kilogrammes
Maximum effort from 4,200 to 7,600 kilogrammes.

The difference of level in the water ahead of the tow and that behind reaches, according to circumstances, 0 m. 25 to 0 m. 45.

By reason of the rapid increase of the effort of traction with quite small variations and limits of speed, it is better to increase the tonnage of the tows rather than the speed in order to obtain a fixed daily amount.

The increasing amount of the navigation movement led to increasing the diameter of the rings of the towing chain, which was 18 millimetres at the beginning, to 23.3, and afterwards to 30 millimetres in the large tunnel, and to 23 and 26 millimetres in other parts of the summit level.

Loaded boats pay fr. 0.002 per kilometric ton ; empty boats are taken free.

Mauvages level, on the canal from the Marne to the Rhine. — Each of the two haulers has an effective 18 HP.

The dynamometer tests gave, for a tow of 16 boats, with a total tonnage of 3,254 tons, a mean effort of traction of 2,746 kilogrammes, and a mean work of 13.2 HP.

The maximum annual tonnage that can be obtained with the present plant is 2,500,000 tons.

Mont de Billy tunnel. — Complete information about the cable-towing (1) used and about the traction experiments was given in the report of Messrs La Rivière and Bourguin to the Congress of 1898.

The cast-iron pulleys which support the cable have just been replaced for the second time since 1896, hence their average life is 4 years.

The original cable seems to be nearing the end of its usefulness, and will have to be replaced in 1906 ; therefore it will have been in use for more than 10 years. It has reached a total extension of 80 metres, and its original diameter has been reduced from 0 m. 03 to 0 m. 027.

The system has worked most satisfactorily, and, since it was put into operation the cable-towing has towed about 50 000 boats, without the slightest accident having happened.

Tunnel of Ham, on the Eastern canal. — The position of the tunnel of Ham, between two locks which are near together, and which are causing all the time pretty violent currents, is such that the hauling operations take place under particularly unfavorable conditions. It has been necessary to reduce the make up of the tows to 4 loaded boats, which does not prevent reaching a tonnage of 9 to 10 000 tons per day of twelve hours.

Pouilly tunnel, on the Burgundy canal. — The hauler in use since 1893 is a small boat 15 metres long and 3 m. 20 wide, which carries a hauling apparatus, of the Bouquie system, driven by a receiving dynamo.

(1) In cable-towing an endless cable is laid along the banks of the canal : for a certain distance, running downstream on one side and upstream on the other. The boats hitch to the line on the bank running in the direction they wish to go.

The energy is produced by turbines which utilize the falls at the locks at the extremities of the summit level, and give a mean gross work of 33 HP.

The current is brought to the receiver by overhead cables and a trolley system.

Summit level of the Nivernais canal. — The hauler is driven by a 10 HP. petroleum motor.

The tow is made up of from 3 to 12 boats, and the useful tonnage varies from 100 to 850 tons.

The trip over the summit level, 3 km. 700 long, varies from 1 h. 30 min. to 3 hours, and the consumption of essence from 7 to 18 litres.

The system works very regularly and causes but a moderate expense, considering the lightness of the traffic and the small tonnage of the boats.

a) MECHANICAL TRACTION SERVICES WORKING IN THE


Designation of the navigable highways	Kind of traction used	Date and style of the authorization	Mode of operating	Length operated
<i>Saint-Quentin Canal.</i> Summit level.	Steam hauling : 6 haulers, of which 3 belonging to the State, of 40 I. H. P.	Date unknown. The creation of the service dates back to July 1867.	By the State, with monopoly.	Kilometres 20.160
<i>Canal from the Marne to the Rhine</i> Mauvages level.	Steam hauling : 2 haulers of 18 effective horse power.	Decree of June 21 1878.	By the State, with monopoly.	7.800 of which 4,877 in tunnel
<i>Canal from the Aisne to the Marne.</i> Mont-de-Billy tunnel.	Cable towing Machine of 40 I. H. P.	Decree of March 28, 1893.	By the State, with monopoly.	2.600
<i>Eastern Canal.</i> Tunnel of Ham.	Steam hauling : 1 hauler of 18 H. P.	Operations begone March 1, 1880.	By the State, with monopoly.	0.900
<i>Saint-Martin Canal.</i> Covered portion.	Steam hauling : 1 hauler, 1 towboat as a substitute	Prefectoral order of May 26, 1862.	Operated by day's labor.	2.700
<i>Burgundy Canal.</i> Pouilly tunnel.	Electric hauler 2 dynamos, turbines of 33 H. P.	Ministerial authorization of February 8, 1903.	By the State, with monopoly.	5.460
<i>Nivernais Canal.</i> Summit level.	Hauling with petroleum motor : 10 effective H. P.	Decree of February 15, 1899.	By the State, with monopoly.	3.700

b) MECHANICAL TRACTION SERVICE WORKING ON THE


DESIGNATION OF THE CANALS	OPERATING SOCIETY AND MODE OF TRACTION USED	DATE AND STYLE OF THE AUTHORIZATION	Length operated
Aire Canal Deûle Canal. Cut-off of the Scarpe around Douai.	Electric society of the North. Towing by tractors on the bank or on rails. The society has 105 tractors of 2.5 tons on the bank (tricycles, Denêfle automobiles) and 5 tractors of 8 tons, of a new model, on rails. It makes up tows of 2 loaded boats or of 4 light boats. The tractors on rails can draw, if need be, 4 loaded boats.	No monopoly. Authorization by prefectoral orders June 24 and 28, 1899, renewed October 23 and November 24, 1904.	58 kil. and very soon 88 kilom.

gation canals.

TUNNELS AND SUMMIT LEVELS OF THE FRENCH CANALS.

 Wetted Section Ω the prism.	Section ω and useful tonnage of the boat.	Ratio $n = \frac{\Omega}{\omega}$	Rate of movement per second	Commercial speed per hour	Kilometric tonnage in 1902	Cost of operating per kilometric ton in millimes	Maximum kilometric rates
Square metres				Kilometres	Tons		
In tunnel, 17.2. In single width cut, 29.2. In double width cut, 4.21.	9 m ² 300 T.	1.9 3.3 4.6 to 4.7	0.39 to 0.53 0.40	0.965 to 1.040	92 985 610	1.24	Loaded boats : fr. 0.002 per kT. — Empty boats hauled free.
In tunnel, 15.60. In cuts, 28.99.	9 m ² 300 T.	1.73 3.22	0.35 0.60	1.200 2.000	11 605 095	2.2	Loaded boats : fr. 0.050 per kT. — Empty boats hauled free.
In tunnel, 14 875.	9 m ² 300 T.	1.65	0.35 to 0.40	1.200 to 1.500	4 370 418	3.291	Loaded boats : 0.007,7 per kT. — Boats light hauled free.
In tunnel, 15.36.	9 m ² 300 T.	1.71	0.50	1.350	1 087 425	11.44	Loaded boats: 0.016,67 per kT. — Boats light : fr. 0.277,8 per boat and per kilo- metre.
—	2 m ² 55 380 T.	variable	0.60	2.160	3 202 754	10.3	Boats 200 T. and over: load., 4 fr.; light, 2 fr. Boats 150 à 200 T.: load., 3 fr.; light, fr. 1.50. Boats 100 to 150 T. load. fr. 2.50; light, fr. 1.25. Boats under 100 T. : load, 1 fr.; light, 1.50.
In tunnel, 14.12.	9 m ² 300 T.	1.57	0.85	3.000	908 587	13.758	By day : fr. 1.50 per hull + fr. 0.05 per kT. Minimum, 4 fr. By night : 10 fr. per hull + fr. 0.10 per kT. Minimum, 10 fr.
In tunnel, 10.20.	2 m ² 62 160 to 170 T.	3.89	0.60 to 0.30	1,500 to 2,000	219 508	17.6	Per hull of less than 100 T. : fr. 0.50 + fr. 0.04 per kT. Per hull of more than 100 T. : 1 fr. + fr. 0.04 per kT. — Boats light hauled free.

CANALS OF THE NORTH OF FRANCE.

 WETTED SECTION Ω OF THE PRISM.	Useful tonnage and section ω of the boats $\frac{\Omega}{\omega} = n$	SPEED		Annual Number of boat kilometres (1903)	Annual kilometric tonnage (1903)	Maximum kilometric rates	
		per second	per hour			Up	Down
(Aire) 33 to 35 m ² (Deule) 47 m ² (Cut off of the Scarp)	Tonnage of 280 to 300 tons $\omega = 9$ m ² Aire, $n = 3$ Deule $n = 3.78$ Cut off $n = 5.22$	Metres Tractor on bank from 0m60 to 0m75. Tractor on rails and tow of 2 loaded boats 0m78 to 0m89. Tractor on rails drawing a tow of 3 to 4 boats light from 1m72 to 1m90.	Kilometres Tractor on bank from 2.160 to 2.700. Tractor on rails from 2.800 to 3.200. Tractor on rails drawing a tow of 3 to 4 boats light 6.200 to 6 800	729.565	125.234.922	Millimes Possible draft . 1.75 to 1 m. 80 immer- sion. Effective load. . 2.25 Total 4.00	Millimes Possible draft . 1.50 to 1 m. 80 immer- sion. Effective load. . 2.00 Total 3 50

b) CANALS OF THE NORTH OF FRANCE. — ELECTRIC TRACTION
OF BOATS.

Results of traction operating on the bank of the Aire and Deule Canals and the Cut-off of the Scarpe, since 1900. — The portion (b) of the preceding table gives a résumé of the operating conditions of the electric traction service working on the Aire and Deule canals and the Cut-off of the Scarpe.

The reports made by Messrs. La Rivière and Bourguin to the Congresses of Brussels and Paris gave an account of the first trials and of the beginnings of the operations of the electric traction of boats on the canals of the Nord (1). Limited to 26 kilometres in 1878, the section under operation was 55 kilometres long in July 1900 ; it will soon reach 83 kilometres, and will extend from Béthune on the Aire canal, to the Round Basin, beginning of the Sensée canal and junction of this canal with the Scheldt, including 76 kilometres of the main line from Paris to the North Sea, and, in addition, the side branch to Don (4 kilometres) and the one to Beuvry (3 kilometres).

The traffic of the 55 kilometre section now working, which, in 1900, scarcely exceeded 1 million tons passing over the whole section, was in 1903 2 276 816 tons. The graphics of Plate I show the advance of tonnage in these four years of exploitation, and the monthly distribution of the last year.

It results from statements made at the stations that the energy expended in 1903 was .

Per kilometric ton of real load (distributing over the total real load kilometric tonnage the energy taken up by light boats and the return light of unutilized motor) . . . 5.1 watts-hours.

Per boat kilometre (disregarding the empty boats) 2.6 kilowatts-hours.

These consumptions, measured at the stations, are very small, even allowing for the poor efficiency of the tractors on the bank, which does not exceed 40 %. They can only be explained by the very slow movement of the operations, which does not exceed in practice 2 km. 2 on the Cut-off of the Scarpe, and 2 km. on the Deule, that is the rate of the tow horses,

(1) The « Nord » is one of the departments in to which France is divided.

which still pull a part of the traffic and regulate the speed of the entire section.

The graphic sketch (fig. 2) of Plate I shows that, including all losses of time, the useful trip of a tricycle in 1903 was only 15 to 18 km. per day.

Now, the experiments made in 1900 with the Galliot-Denèfle tractors, still in service, show that the power absorbed per kilometric ton and per boat kilometre increases rapidly when the speed rises from 2 km. 200 to 3 km. 500, the limits between which the experiments of towing one or two boats were made.

The results of these experiments, recorded in Table III following, show clearly that the most advantageous way of operating with the tractor considered, lies in towing trains of 2 boats of 290 tons at a speed of about 2 km. 200, and a traction force of about 300 kilogrammes.

EXPERIMENTS MADE IN 1900 ON THE

NATURE OF THE EXPERIMENTS	Duration of the Expe- riments	Place — Ratio of the wetted section of the canal to the immersed section of the boat	Number of boats towed N	Net tonnage towed P	SPEED	
					in metres per second V	in kilo- metres per hour
1° Traction of a loaded boat						
					Tons	
Movement in series.	»	Cut-off. 5.22	1	290	0.74	2.664
do	»	do	1	290	0.77	2.772
Means.					0.755	2.718
Movement in parallel	»	do	1	290	0.89	3.204
do	»	do	1	290	0.91	3.276
do	»	do	1	290	0.93	3.348
Means.					0.91	3.276
2° Traction of 2 loaded boats						
Movement in series.	»	Cut-off. 5.22	2	580	0.62	2.232
do	»	do	2	580	0.65	2.340
Means.					0.63	2.286
Movement in parallel	»	do	2	580	0.74	2.664
do	»	do	2	580	0.74	2.664
do	»	do	2	580	0.75	2.700
Means.					0.74	2.

on the bank.

CUT OFF OF THE SCARP AROUND DOUAL.

EFFECT AT THE HOOK		Useful work $\frac{FV}{75} = T$	Mean voltage v	Mean intensity i	POWER ABSORBED		Effi- ciency $R = \frac{T}{E'}$	POWER ABSORBED PER	
total F	in kilo- grammes per ton towed				in watts $E = vi$	in H P $E' = \frac{E}{736}$		kilome- tric-ton in watts- hours	boat kilometre in kilo- watts hours
Kilog.									
280	0.9	2.76	460	10	4.600	6.25	0.44	5.95	1.727
220	0.7	2.26	480	10	4.800	6.52	0.34	5.97	1.732
250	0.8	2.51	470	10	4.700	6.38	0.39	5.96	1.729
350	1.2	4.15	490	16	7.840	10.65	0.39	8.44	2.447
320	1.1	3.88	480	14	6.720	9.13	0.42	7.07	2.051
350	1.2	4.34	490	15	7.350	9.99	0.43	7.57	2.195
340	1.2	4.12	487	15	7.303	9.92	0.41	7.69	2.231
300	0.5	2.48	420	10	4.200	5.71	0.43	3.24	941
340	0.6	2.95	450	12	5.400	7.34	0.40	3.98	1.154
320	0.55	2.71	435	11	5.300	6.52	0.41	3.61	1.047
610	1.0	6.02	480	24	11.520	15.65	0.39	7.48	2.162
600	1.0	5.92	480	23	11.040	15.00	0.39	7.15	2.072
520	0.8	5.20	480	21	10.080	13.70	0.39	6.44	1.867
7	0.9	5.71	480	23	10.880	14.78	0.39	7.01	2.034
					Mean efficiency		0.40		

The operating results for 1903 and 1904 were more satisfactory and encouraged the electric traction Society on the canals of the Nord, to develop its plant and to transform it so as to profit by acquired experience.

The following figures will give an idea of the importance of this business ; they are completed by the graphics of (figs 1 and 2) Plate I :

	Gross receipts	Expenses	Net receipts	Observations
	francs	francs	francs	Coefficient of operating for the year 1903 :
Per kilometre operated	8,904.895	6,345.70	2,559.195	
Per tricycle-kilometre.	1.263	0.900	0.363	
Per boat-kilometre. .	0.707	0.504	0.203	
Per kilometric ton . .	0.004 12	0.002 94	0.001 18	0.713

Advantages of traction on rails. — Messrs. Léon Gérard and Mollard showed, in their communications to the Düsseldorf Congress, that, in spite of the advantages offered by traction on the bank, the traction on smooth rails was to be preferred for canals with a heavy traffic, from the points of view of economy of maintenance of the tow paths, of economy of maintenance of the stock, of economy in the hands employed and of the consumption of energy.

The capital immobilized in the purchase of rolling stock and in the central station is also much less for traction on rails than for traction on the bank.

Maintenance of tow paths. — Experience with the electrically operated canals of the Nord has shown that, while traction by horses only required rather thin gravel or cinder road surfaces, which cost little to keep up, tractors on the bank had to have firm and easy-rolling road beds 20 centimetres thick, made of hard materials (porphyry from Quenast or Lessines) used by general spreading over the surface and well rolled.

The cost of maintenance and general repairs of a kilometre of towpath, which, until 1899, was only fr 233.86 for the same road operated by horses, has now risen to fr 875.58 on account of electrical traction. The maintenance of 1 kilometre of well

ballasted railway track can be estimated at 400 francs a year at most.

The economy to be made by substituting traction on rails for traction on the bank is, therefore, fr 475.58 per kilometre per year, supposing that the towing is done only on one bank in each case.

Maintenance and amortization of the rolling stock. — The jars due to rolling on a rough surface like that of the best kept up roadways cause a rapid wear of the machinery of the tractors on the bank. The average life of the principal pieces was :

Endless screw, bronze	3 1/2 months
Steel gear wheel	2 1/2 years
Thrust block	1 year
Rear pillow block of endless screw	2 1/2 years
Carter pillow block	6 months
Pillow block for axle arm	2 years
Forward motor pillow block	2 1/2 years
Rear motor pillow block	2 1/2 years
Driving wheel	2 years

The mean cost of maintenance of a tractor on the bank was, in 1903, fr 478.60. The number of years to be taken for it to pay for itself is ten. The electrical Company of the Nord estimates that the maintenance of a tractor on rails will not exceed 375 francs, whence there will be a saving of fr 103.60 per tractor, and the time of amortization will be increased to fifteen years.

Economy in the hands employed. — The absence of jars and the greater power of the tractors on rails allow greater speeds to be used than can be had with tractors on the banks. Still, the small section of the canals in the Nord and the thinness of the sheet of water which a depth of 2 metres or 2 m. 20 leaves under a boat drawing 1 m. 80, will limit the maximum speed of the tractors on rails to about 300 metres at the beginning, an increase of one-half over the speed of the tractors on the bank. This will give a saving of at least 1/3 in the number of hands employed and in the rolling stock in use. When the work now in course, for deepening the canals of the Nord to 2 m. 50, and widening them by 16 to 21 metres at

the water surface shall have been finished, it will be possible to try speeds of 3,500 to 4,000 metres for tows of 2 boats, in which case the saving in hands and stock will amount to 50 %.

Economy in the consumption of energy. — The next table shows the experiments made, on the Cut-off of the Scarpe and on the Deûle, on the energy absorbed per kilometric ton and per boat kilometre, as a test, by the tractors on rails now in use.

These experiments were made on the traction of a single boat with a load of 290 tons, and on that of trains of 2,3 and 4 boats each loaded with 290 tons, and of 3 and 4 empty boats.

They showed that :

1° The mean efficiency of the tractor on rails is 0.675, while that of the tractor on the bank is only 0.40 ;

2° There is a great advantage, in the matter of the consumption of energy, in taking the boats by trains of 3 instead of singly or by twos ; but the advantage obtained from the traction of trains of 4 boats is much less marked than would have been believed, if the reduction in the cost of the crew be disregarded.

Furthermore, it becomes necessary on canals having a number of locks near the summit level, to limit the number of boats forming the tows to that which the dimensions of the locks will allow to pass at once, on account of the time lost at each lock in passing and forming the tows, and of the resulting slowness in the movement of the boats.

On the section operated electrically which is under consideration, there are only 4 locks in 83 kilometres ; the longest level is 40 kilometres, and the shortest is 5 kilometres. The locks are double, having two chambers side by side. Everything around them is so arranged as to reduce to a minimum the duration of a lockage, and to allow 5 to 6 boats to be passed in an hour. The disadvantages of traction by trains of 3 and even of 4 boats would be less under these conditions than on a line with short levels and single locks, close together and less well arranged ; they might even be made up for by other advantages, and operating by train would not reduce at all the traffic capacity of the line. Nevertheless, tows of two boats are the only ones authorized up to now.

3° The economy of energy by the tractor on rails over the tractor on the bank, due to the greater efficiency and the greater power of the machine tried, is made up for very largely by the rapid increase of the power absorbed as the result of higher speeds ; nevertheless the adoption of speeds exceeding 3 kilometres and going as high as 3 km. 500 and even 4 kilometres, if the ratio of the cross-section of the canal to that of the boat be as 4 or 5 to 1, appears justified by the profit to be obtained on the crews and on the stock.

NATURE OF THE EXPERIMENTS	Duration of the experiments	Place — Ratio of the wetted section of the canal to the immersed section of the boat	Number of boats towed N	Net tonnage towed P	SPEED	
					in metres per second V	in kilo- me- per hour
<i>1° Traction of one loaded boat :</i>	Min. Sec.					
Tractor n. 1, 40 HP, reduction 1/20 (running in series) . . .	2 00	Cut-off 5.22	1	290	0.923	3.320
Tractor n. 3, 40 HP, reduction 1/20 (running in series) . . .	2 28	Deûle 3.89	1	290	0.810	2.916
Means. . .			1	290	0.866	3.118
<i>2° Traction of 2 loaded boats :</i>						
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	3 29	Cut-off 5.22	2	580	0.873	3.142
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	4 28	Deûle 3.89	2	580	0.896	3.225
Tractor n. 3, 40 HP, reduction 1/20	6 37	Deûle 3.89	2	580	0.755	2.720
Means. . .			2	580	0.841	3.029
<i>3° Traction of 3 loaded boats :</i>						
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	14 06	Deûle 3.89	3	870	0.770	2.772
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	5 25	Deûle 3.89	3	870	0.775	2.790
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	5 31	Cut-off 5.22	3	870	0.906	3.260
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	41 50	Deûle 3.89	3	870	0.746	2.685
Means. . .			3	870	0.799	2.852
<i>4° Traction of 4 loaded boats :</i>						
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	16 42	Deûle 3.89	4	1.160	0.718	2.584
<i>5° Traction of 3 empty boats :</i>						
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57	5 29	Cut-off	3	»	1.820	6.550
Tractor n. 4, 40 HP, reduction 1/15.57		Deûle	3	»	1.886	6.790
Means. . .			3	»	1.853	6.665
<i>6° Traction of 4 empty boats :</i>						
Tractor n° 4, 40 HP, reduction 1/15.57	2 10	Cut-off	4	»	1.724	6.200

on rails.

CUT-OFF OF THE SCARPE AND THE DEULE.

EFFORT AT THE HOOK		Useful work $\frac{VF}{75} = T$	Mean vol- tage v	Mean inten- sity i	POWER ABSORBED		Effi- ciency $R = \frac{T}{E'}$	POWER ABSORBED PER	
total F	in kilo- grammes per ton towed				in watts $E = vi$	in HP $E' = \frac{E}{736}$		kilometric ton in watts-hours	boat kilometres in kilowatts- hours
300	1.03	3.69	536	7.3	3.913	5.30	0.70	4.06	1.189
468	1.61	5.05	497	13.5	5.715	7.76	0.65	6.76	1.959
384	1.30	4.37	516	10.4	4.814	6.53	0.675	5.41	1.574
656	1.13	7.64	520	17.5	9.100	12.36	0.62	4.99	1.448
639	1.10	7.64	512	15.3	7.833	10.64	0.72	4.19	1.215
675	1.16	6.79	510	14.25	7.268	9.88	0.68	4.61	1.337
656	1.13	7.36	514	15.6	8.067	10.96	0.68	4.60	1.333
933.6	1.07	9.58	507.7	19.3	9.808	13.33	0.72	4.05	1.180
1,010.0	1.16	10.44	532.4	22.1	11.744	15.95	0.65	4.84	1.403
634.6	0.73	7.67	521.5	16.6	8.656	11.76	0.65	3.05	0.885
867.0	1.00	8.62	477.6	18.8	8.978	12.20	0.71	3.84	1.111
861.3	0.99	9.08	510	19.2	9.796	13.31	0.68	3.94	1.145
1,065	0.97	10.20	507	23.1	11.711	15.91	0.64	3.89	1.133
727	»	17.64	539	35	18.865	25.6	0.69	»	0.960
661	»	16.62	538	35.3	18.991	25.8	0.64	»	0.933
694	»	17.13	538.5	35.1	18.928	25.7	0.665	»	0.916
908	»	20.89	538	40	21.620	29.37	0.71	»	0.912
General average. . .							0.675		

Economy of first cost. — The reduction in the amount of the rolling stock arising, on the one side, from the adoption of greater speed, on the other, from the traction of the boats by 3's or 4's instead of by twos, will lead to a saving, if it be authorized, in spite of the greater cost of the tractor on rails.

The greater efficiency of this machine, nearly 70 % higher than that of the tractor on the bank, will be the cause moreover, *for equal speed*, of a great saving in first cost at the central station for the production of energy.

But the first cost of the track, and even of two tracks, when the traffic shall become sufficiently intense to demand simultaneous running on both banks, one for up traffic the other for down, will be compensated for in part only by the line for the return current, which will be replaced, by the rails.

Description of the tractor on rails. — The tractor now under test near Douai is composed of an entirely sheet steel frame, resting on two axles 1 m. 70 apart. It is 4 metres long and 1 m. 60 wide over all. Its height above the rails is 2 m. 50.

Each axle is driven by a 20 HP. continuous current electric motor. The motion of the armature is transmitted to the axle by a double train of cylindrical gears. The motors are placed outside of the axles, and the space between these latter is covered by the wattman's cab in which are all the manœuvring switches.

A hook, to which to make fast the tow line, is at each end of the frame.

The total weight is 8,000 kilogrammes ; all the weight is adherent.

Starting is accomplished by means of a parallel series controller (ordinary tramway type), allowing motion either way with either motor, or with the two together in tension or in quantity. Resistances intercalated in the circuit at will allow of getting under way.

Coupling in series is used for towing loaded boats, and coupling in parallel for the traction of empty boats or for the tractor in running free.

In this way 2,3 and 4 loaded boats can be drawn at a speed varying from 2 km. 600 to 3 km. 300 an hour, 3 or 4 empty boats at 6 km. 200 to 6 km. 700 per hour, and the tractor running free can make 10 to 12 kilometres an hour.

These various speeds are compatible with the section of the canal, the habits of the boatmen, the strength of the tow lines

and of the masts of the boats, and, finally, with the working of the riding trolley, which could not answer, however, for speeds sensibly above 12 kilometres an hour.

Taking the current. — Railway. — The current is received through a riding trolley with two pulleys, and a supple insulated wire conforming to the system which has been in use for several years for the tractor on the bank.

The contact line, continuous current under 500 volts, is supported by posts placed on the outside of the towpath. (See designs Nos 3, 4, 5, 6 of Plate I.)

The track is placed at 1 metre from the top edge of the embankment alongside of the canal, and a free space of at least 2 m. 60 is reserved between the supports of the contact line and the extreme points of the tractors, to let the tow-horses, and, exceptionally, carriages and bicycles pass.

Experiments in getting under way. — Figures (1, 2 and 3) of Plate II show the experiments in getting under way with a boat entering or leaving a lock, and with 3 boats in a train on the open canal.

These graphical sketches show that 1, 2 or 3 boats can be gotten under way with traction efforts not exceeding, as a rule, 1000 kilogrammes. But the controller now used has only 3 rheostats whose resistances are successively of 6.1 ohms, 4.2 ohms, 1.80 ohms. Every time the resistance is made to vary by passing from one contact plate to another, a sudden rise in the intensity of the current takes place, increasing suddenly the traction effort and forcing the wattman to come back to the preceding plate, in order not to go beyond the limit allowed, and begin this manœuvre several times over, so as to get progressively under way. There are caused, in the interval between two plates, as a consequence of what precedes, sudden leaps of the dynamometer pointer which go up to 12 or 1500 kilogrammes, and it is not possible to make exact observations. This is why the graphic figure (3), giving the start of 3 boats, shows voids in front of each of the plates.

To overcome this trouble, there should be introduced into the circuit of the motors greater and more numerous resistances than those used in the controllers of tramways, where the inertia of the mass to be set in motion is much less. In spite of a more extended set of plates, the speed will still vary by sudden jumps, like the intensity and effort of traction; but the ampli-

tude of the oscillations will be less and getting under way will be more steady and more quick.

Power of the motors. — The adhering weight of the tractor being 8 000 kilogrammes the effort of traction may reach 1 300 kilogrammes without slipping, by adopting for the adherence a coefficient of 0.16 ($1/6$) which is admissible for electric motors. When the rails are dry and clean the adherence may even reach 0.20 ($1/5$), and the traction effort 1 600 kilogrammes.

As things are now, 1 300 kilogrammes may be considered as the superior limit of the effort compatible with the traction on the mast, which it is necessary to adopt when the tow line has to pass over boats loading or unloading along the shore.

Assuming a speed of 3 km. an hour, the useful work on the towline will be 14 to 15 HP. Taking an efficiency of 0.85 for the double train of gearing, the work on the axles of the motors is about 17 HP.

The Electric Company of the Nord has taken a type of very powerful motors, able to furnish 20 HP. under normal conditions of speed, requiring about 35 ampères at 500 volts. At a slower speed, with 250 volts, this motor can make about 10 HP. with the same absorbed intensity and consequently with the same heating.

As a matter of fact, only 8 or 9 HP. has to be furnished during the running in series, which reduces the intensity and therefore the heating and enables the motor to keep up its effort easily for several hours and even for an entire day, although it may be completely cased in.

When running in parallel to tow empty boats, each motor succeeds in giving 10 to 12 HP, and stands this regimen easily for several hours and even indefinitely.

The excess of power does not seem to be unreasonable, and the Company is even thinking of increasing it, in order to reduce still further the chances of injury and consequently the cost of maintenance, and to reserve the right to increase the speed of traction at any moment, by merely changing the gears for the reduction of speed, so as to utilize the motors to the limit of their power. The general efficiency of 0.670 found for the traction of loaded boats with motors coupled in series shows, moreover, that the excess of power of the motors and the coupling in series do not affect appreciably the efficiency of the motors properly so called, and leaves it at about 0.80,

this efficiency of the two trains of gearing being estimated together at 0.85.

Extension and transformation of the operations. — The *Electric Company of the Nord* took over about a year ago the business of the *Society for Electric Traction on the Canals of the Nord*, and is continuing to operate, with the Galliot-Denèfle electric tractors running on the roadway, the portion of the great line of navigation from the *Scheldt to the North Sea* lying between *Courchelettes* and *Béthune*, and two branches toward *Don* and *Beuvry*, in all 58 kilometres.

Besides, it has laid as an experiment between *Douai* and *Auby* for a length of 6 kilometres, a track of 20-kilogramme rails, on which five tractors on rails, of the type described above, run and insure the service normally between these two points.

The experiments whose results have been given were directed by Messrs. *Bourgeois* and *Chany*. They were considered sufficiently satisfactory for the Electric Company of the Nord to have asked authority to establish this system on the *Sensée Canal*, between the *Bassin Rond d'Estrun*, the point of junction with the *Scheldt*, and *Courchelettes*, and to substitute it gradually for traction on the roadway between *Courchelettes* and *Pont-à-Vendin*, then later, if the amount of traffic justify this change, between *Pont-à-Vendin*, *Béthune* and *Don*. Its operations will extend, when its plant is completed, from *Estrun* to *Béthune*, over 76 kilometres of the great line of navigation from the *Scheldt* to the *North Sea*, and over 7 kilometres of branch lines.

It is getting ready to establish along the navigable highway a line for the transportation of energy in the shape of a triphased current at high voltage. The energy will be taken from the *Pont-à-Vendin* central station, where the *Lens Mining Company* uses the gas from its coke ovens.

The four present stations, *Douai*, *Oignies* (*La Batterie*), *Bauvin* and *Beuvry*, which produce energy in the form of a continuous 500-volt current, will be converted into sub-stations for the transformation of the triphased current at 26 000 volts into a continuous current of 550 volts, and two other transforming sub-stations are to be placed on the *Sensée Canal* at *le Mouline* and at *Hem-Lenglet*.

After the accomplishment of these projects of extension and transformation, the operating of the canals of the Nord by elec-

tric traction over a length of 83 kilometres, will be a really interesting example to study, by reason of the great tonnage to be carried (3 500 000 tons passing yearly over the section from one end to the other), and of the perfection of the methods used, both technical and economical.

Furthermore, the Society which has taken this bold initiative enjoys no monopoly or privilege.

Regulations regarding authority to operate mechanical traction on the canals of the Nord. — The operating by electric traction of the canals of the Nord has been, up to the present time, and still is among the authorizations of the public highway given by the prefects of the departments traversed. Prefectoral orders have authorized the Electric Company of the Nord to carry on, at its own risks and perils, the public electric traction Service of boats on the canals of the Nord, and have made a note of the agreement of this society never to exceed the following maximum tariffs :

Going upstream.

Per ton and per kilometre (1) :	
Possible draught	fr. 0,00175
Actual load	» 0,00225
<hr/>	
	Fr. 0,004

Going downstream

Per ton and per kilometre :	
Possible draught	fr. 0,0015
Actual load	» 0,002
<hr/>	
	Fr. 0,0035

the possible draught being considered the maximum immersion of 1 m.80. The Company is also bound to tow, without favor and without delay, all boats asking it; to apply at the same time the same prices to all boats of the same conditions; to submit

(1) 1 franc per ton (metric) per kilometre = \$ 0.342022 per ton (of 2000 pounds) per mile.

the rates to the approval of the Administration and to post them all along the canal at least a week before they go into effect.

The motive power of the stations, the lines for transporting force and the number of traction engines, must be sufficient to let the Company tow, at any given moment, the maximum traffic of the canal, corresponding to the passing capacity of the locks, that is 5 or 6 boats of 300 tons per hour in each direction.

The orders also regulate the technical conditions of operating and require that the projects for any change in the existing plant, as well as for any addition thereto, be submitted for approval by the Administration.

The authorities granted are only temporary, while awaiting a concession, the demand for which is under consideration.

This concession will be granted to the Company, by a decree of the President of the Republic, and will be long enough to insure the paying off of the capital invested in the enterprise as well as the interest thereon, but it cannot, under existing conditions of French legislation, confer on the beneficiary Society any monopoly of the traction of boats.

Concessions of traction equipments — The Chamber of Deputies had recognized the fact, during the discussion of the law on the national equipment (*outillage national*), promulgated, December 23, 1903, which determined upon the construction of a certain number of new navigable highways and the improvement of canals, rivers and seaports, that the liberty of towing, compatible with a small circulation of boats on waterways of small or medium importance, brought about an absolute impossibility of operating canals of the French type, with two roads for boats, so soon as the circulation exceeds a certain limit.

On these waterways, where there is only the width necessary for two boats to pass and which are traversed by very intense commercial currents in opposite directions, it becomes impossible, beyond a certain limit of use, to insure a rapid and well ordered circulation when the traction is not organized and monopolized (1).

Thus it is, that on the canals of the Nord, electric traction must move at the very slow rate of the tow horses with which it has to compete.

Hence, it may be a matter of very important public interest to

(1) See the report of Messrs. LA RIVIÈRE and BOURGUIN on the *Application of Mechanics to the operating of navigable highways, 1900*. (VIIIth Navigation Congress.)

organize a single and obligatory traction service on the navigable highways where the circulation exceeds a certain limit.

Unfortunately, articles 9, 10, 11, 12 of the draft of a bill, voted at the first deliberation by the Chamber of Deputies, which gave to the Administration of Public Works the right to *organize traction* on all existing navigable routes the operating of which would be impeded by free towing, were not maintained by the Senate.

This high Assembly consented to grant the monopoly of traction on the *new navigable highways* such as the Northern Canal, the construction of which had been voted, but it admitted that a special law to be discussed later, with a view to making regulations for the police powers of the Administration over existing navigable highways, and to insuring a penal sanction for them, might give to the State the power to organize traction monopolies on all the lines where the convenience of operating should require it.

While waiting for this law, the canals, like the natural rivers, remain assimilated to roads, on which every one has the right to travel as he places, even at the risk of interfering with the operations.

Conclusions.

The following considerations, summed up in the form of conclusions, can be gathered from the preceding report : —

1. On *navigable rivers of large section* towing is used almost exclusively, and tends to replace hauling on a chain even on rivers having a strong current, like the Rhone. Still, the hauling towboats of the Bovet system possess the advantages of both sorts of traction and continue to give full satisfaction on the Seine, between Paris and Conflans.

2. On *inland navigation canals of small section*, of the type of the French canals : —

a) Hauling and cable towing are used with equal success in *tunnels* and *narrow sections of summit levels*. Electricity replaces steam advantageously in operating, by reason of the properties of the electric motors, which make them eminently fitted to insure the successive getting under way and the traction of boats, whatever be the conditions of load and speed imposed by the needs of the service.

It has also the great advantage of doing away with the troubles caused by smoke in long tunnels.

b) In the full section of the canal electric tractors on rails are markedly superior to the *tractors on the bank* which, however, have shown their value in an important service, lasting a long time, on the canals of the *Nord*.

The great first cost of the plant for electric traction on rails or on the bank, only makes its adoption admissible, from the industrial stand point, on lines where the traffic is very heavy.

3. It is to be desired that French legislation be completed very soon by a law giving to the State the necessary powers to organize mechanical traction on canals where the importance of the traffic and the conditions of the line do not agree well with absolute liberty of towing.

Lille, December 31, 1904.

G. LA RIVIÈRE.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1903

I. Section : Inland Navigation

2. Communication

REPORT

BY

G. LA RIVIÈRE

PLATE I.

Fig. 3
Vue de face d'un tracteur

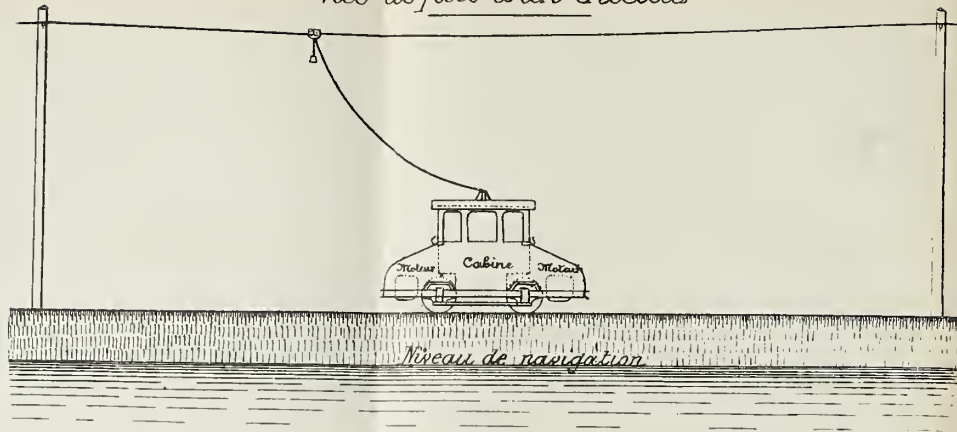
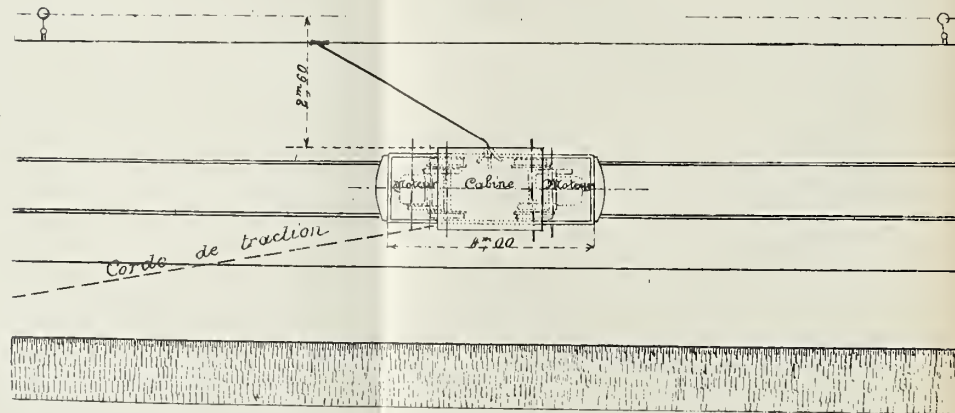


Fig. 4
Plan



C¹e électrique du Nord-- Halage par traction électrique

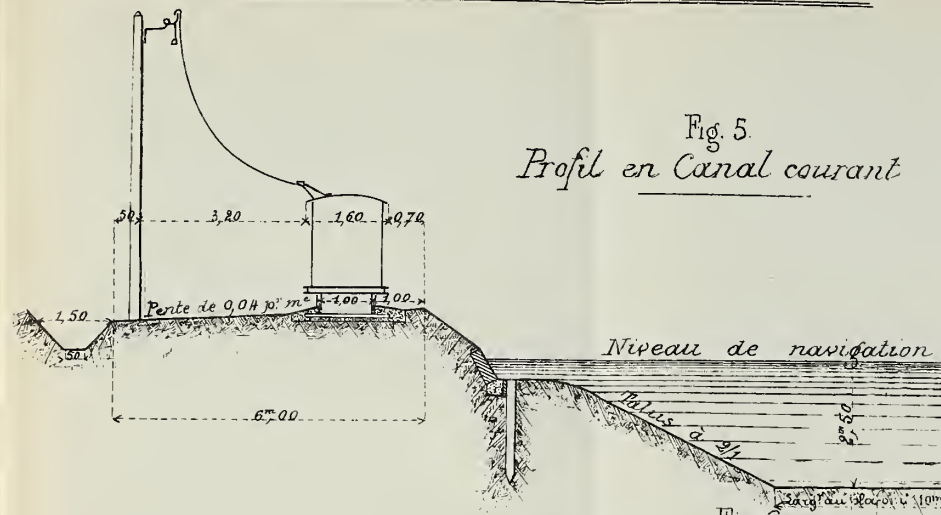


Fig. 5
Profil en Canal courant

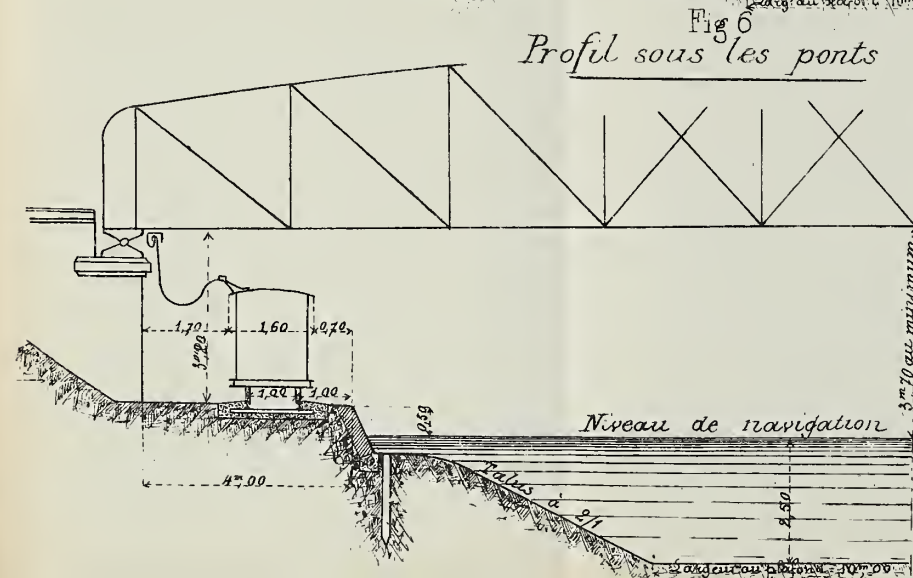


Fig. 6
Profil sous les ponts

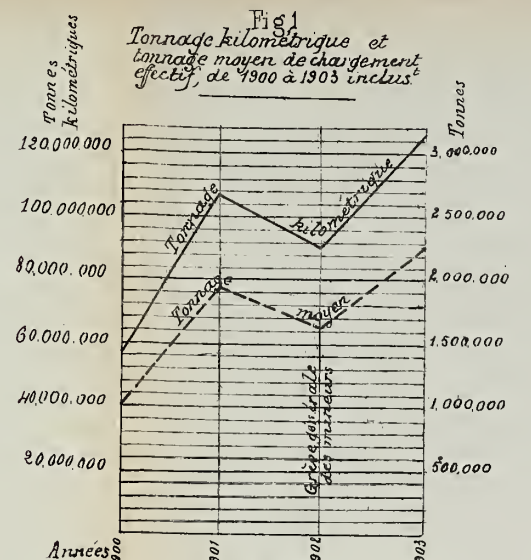
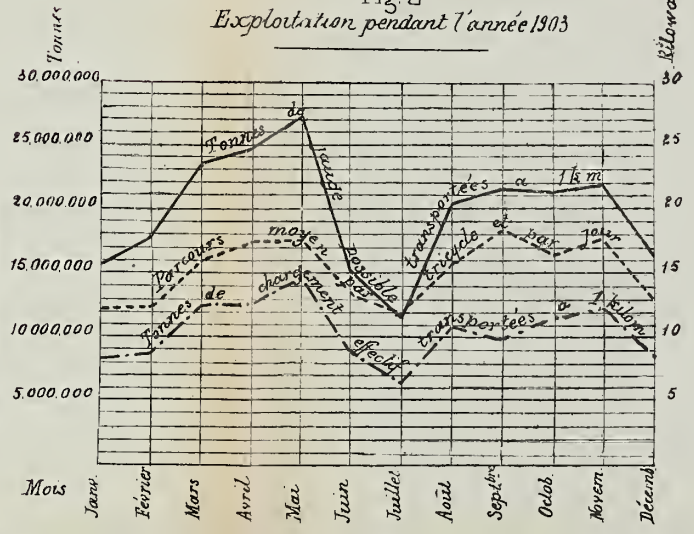
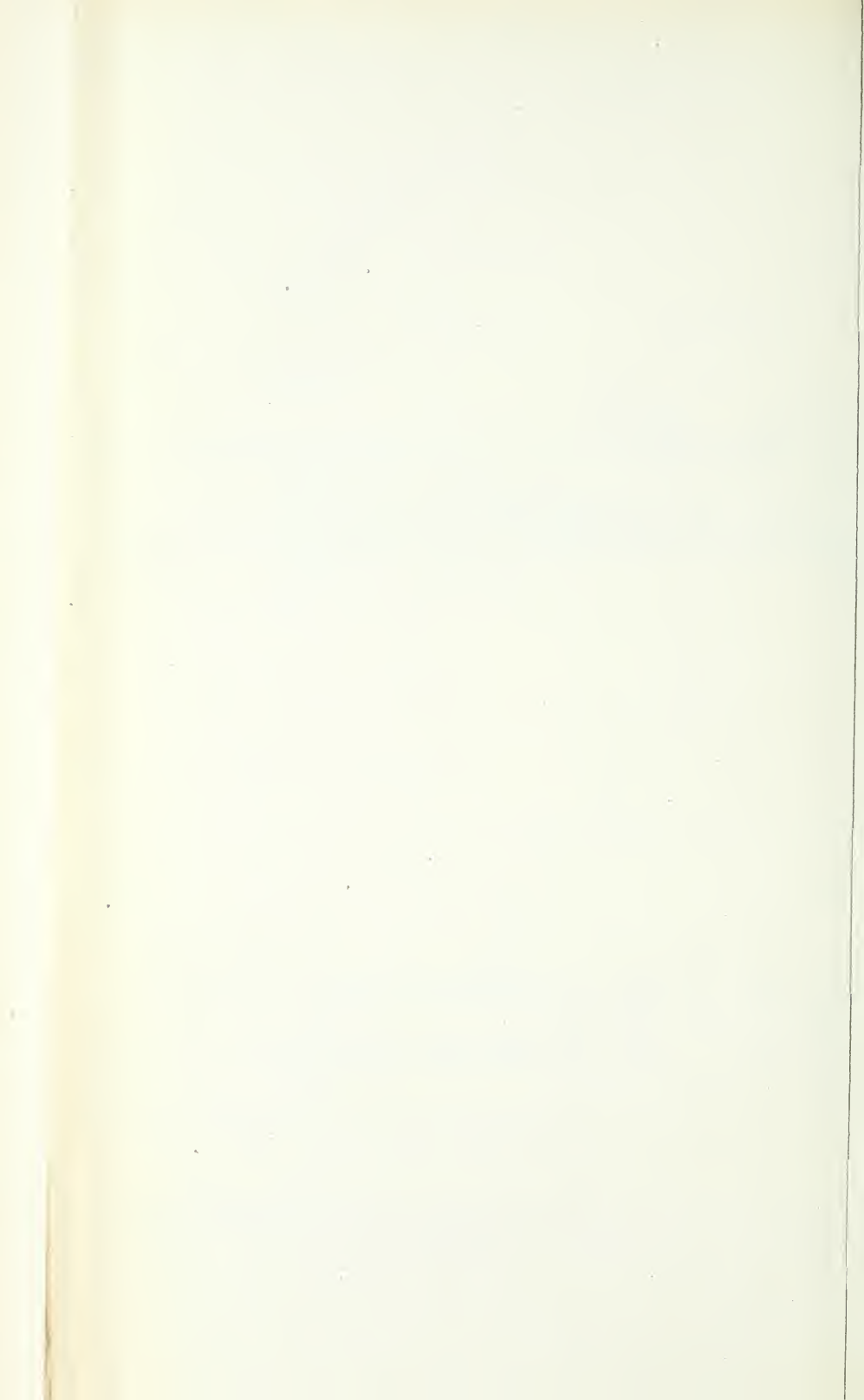


Fig. 2
Exploitation pendant l'année 1903





PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation

2. Communication

REPORT

BY

G. LA RIVIÈRE

PLATE II.



Fig. 1.



Fig. 2

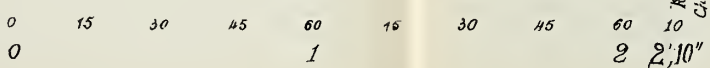
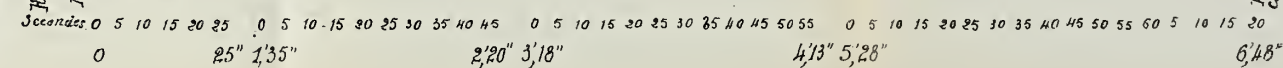
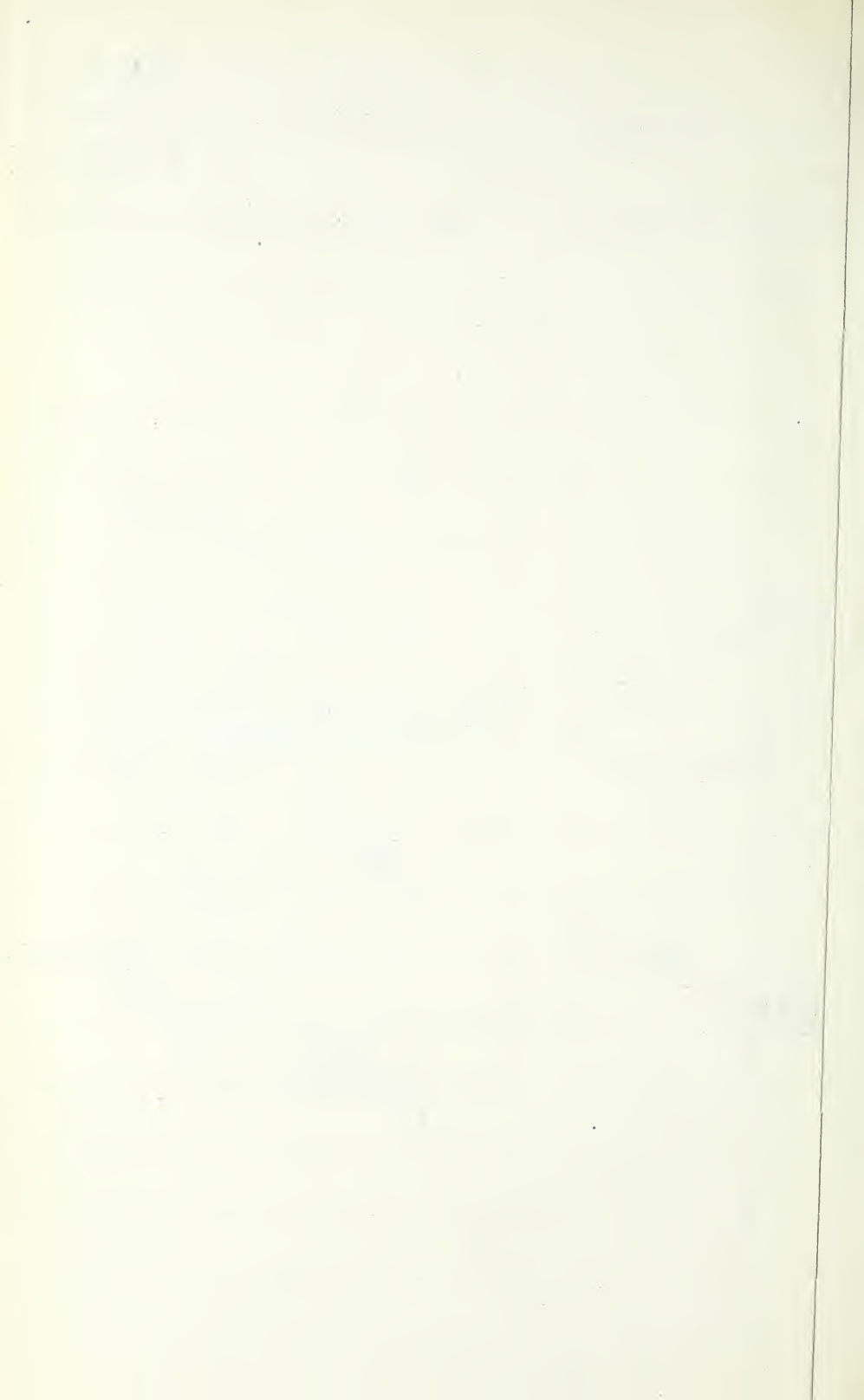


Fig. 3.







ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

Traction mécanique des bateaux sur les fleuves, les canaux et les lacs

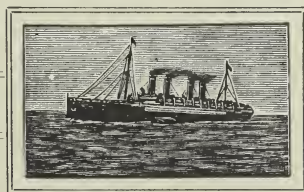
RAPPORT

PAR

M. G. LA RIVIÈRE

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées à Lille

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ÉTUDE ECONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

Traction mécanique des Bateaux sur les Fleuves et Canaux

RAPPORT

PAR

M. G. LARIVIÈRE

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées à Lille

Etat actuel de la question.

Dans leurs rapports au VII^e et au VIII^e Congrès, MM. La Rivière et Bourguin ont fait connaître les procédés de traction mécanique en usage sur les canaux français, et ont particulièrement insisté sur l'essai d'exploitation tenté sur les canaux du Nord de la France pour l'emploi de tracteurs automobiles sur berge, mus électriquement (système Galliot-Denèfle).

M. Léon Gérard a, de son côté, dans un rapport distribué au Congrès de Paris, décrit les tracteurs et remorqueurs électriques qu'il a construits pour le canal de Charleroi à Bruxelles, et fait connaître les renseignements et les chiffres d'expérience résultant de l'exploitation qu'il a dirigée lui-même depuis la fin de l'année 1899.

Les essais des canaux d'Aire et de la Deûle et ceux du canal de Charleroi étaient encore à leurs débuts, en 1900 ; d'autres systèmes avaient été proposés par M. Köttgen, et il était impossible de déduire des expériences faites des conclusions fermes en faveur de tel ou tel système.

Aussi, le Congrès de Bruxelles s'est-il borné à dégager de la discussion quelques conclusions générales de nature à servir de guide dans les études et expériences futures, et à émettre le vœu « que les Administrations compétentes encouragent dans une » large mesure l'essai en grand des modes de traction mécanique » qui leur paraîtraient susceptibles de donner de bons résultats » pratiques. »

Le Congrès de Paris s'est borné à son tour « à constater que » les diverses applications de traction électrique réalisées en » France, en Belgique et en Allemagne, permettaient d'espérer » des résultats efficaces, au point de vue du perfectionnement » des moyens d'exploitation des canaux, et cela, indépendam-

» ment des avantages d'ordre général, qui pourront résulter du
» développement des distributions d'électricité », et a émis le
vœu que « dès exploitations de traction électrique assez longues
» pour fournir des résultats concluants au point de vue techni-
» que et économique soient largement encouragées et facilitées
» par les Administrations publiques des divers pays. »

Le IX^e Congrès n'avait pas inscrit la traction mécanique parmi les questions à traiter ; les communications intéressantes faites par MM. Léon Gérard et Mollard, en faveur de la traction électrique sur rails n'ont donné lieu à aucune discussion, et n'ont pas abouti, par suite, à des conclusions. Nous reviendrons cependant plus loin sur les rapports de MM. Gérard et Mollard, qui auraient certainement mérité un examen approfondi si le temps n'avait fait défaut à Düsseldorf pour les examiner.

La Commission d'organisation du X^e Congrès ayant indiqué parmi les communications à faire « l'étude économique et technique de la traction mécanique des bateaux sur les fleuves, » les canaux et les lacs », j'ai été chargé de faire connaître brièvement les progrès réalisés en France depuis les Congrès précédents.

I. — Traction mécanique sur les fleuves et rivières.

La statistique officielle publiée par le Ministère des Travaux publics pour l'année 1902, et les renseignements qui m'ont été fournis très obligeamment par les ingénieurs des Services intéressés, m'ont permis de dresser le tableau I ci-après, qui résume les conditions techniques et économiques de fonctionnement des services de traction mécanique en exploitation sur les fleuves et rivières naturelles, canalisées ou non, du réseau des voies navigables françaises.

Je n'ai pu connaître les dépenses d'exploitation, non plus que les recettes et le trafic des diverses entreprises de traction qui fonctionnent simultanément sur chaque rivière. Les chiffres indiqués pour le nombre de bateaux-kilomètres annuels et le tonnage kilométrique annuel sont ceux de la statistique officielle de 1902 ; ils donnent une idée de l'importance de l'ensemble des entreprises qui exploitent une même rivière en concurrence les unes avec les autres, et sont au-dessous de la réalité, tout au moins pour la Seine et l'Oise, car la grève générale des mineurs qui a paralysé les bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais pendant le dernier trimestre de 1902, a eu comme conséquence une forte diminution du trafic dans le Nord de la France, pendant cette année.

Je ferai connaître tout d'abord quelques renseignements et appréciations qui n'ont pu trouver place dans le tableau.

Seine. — Les principales particularités et la valeur des toueurs-remorqueurs du système de Bovet, employés depuis 1892 par la Société générale de touage et de remorquage pour la traction des convois entre Paris et Conflans (embouchure de l'Oise), ont été décrites dans les rapports présentés aux précédents Congrès.

Ces toueurs-remorqueurs, dans lesquels, comme on sait, l'adhérence entre la chaîne et la poulie toueuse est réalisée électromagnétiquement, sont des engins puissants et souples. Ils permettent d'utiliser de la façon la plus rationnelle le touage sur chaîne à la remonte, et le remorquage au moyen de l'hélice à la descente, et par suite, d'assurer un service de traction très régulier dans les cas les plus variés et les plus difficiles.

Ces bateaux sont d'une conduite très facile, demandent peu d'entretien, et fatiguent beaucoup moins la chaîne que les anciens toueurs à treuils multiples.

Ils exercent sur la chaîne des efforts de 3.500 à 6.900 kilogrammes, à des vitesses variant de 6,750 à 2,5 kilomètres à l'heure, la puissance indiquée aux machines variant de 70 à 235 chevaux. A blanc et en route libre, ils font 16 kilomètres à l'heure en eau morte, avec une puissance indiquée de 200 chevaux.

Sur chaîne, ces toueurs remontent par les plus forts courants 5 péniches flamandes, représentant un chargement total de 1.500 tonnes.

De Paris à Rouen, le seul système employé est le remorquage à vapeur, à l'exclusion du touage.

Oise canalisée de Janville à la Seine. — Sur l'Oise canalisée, presque tout le trafic en charge se faisant en descente, la Société Générale de touage et de remorquage emploie comme tracteurs des remorqueurs à hélice d'une puissance indiquée de 100 à 150 chevaux, exerçant un effort de traction de 1.350 à 2.350 kilogrammes. Les convois en descente sont de 5 bateaux, représentant un tonnage effectif de 1.450 tonnes.

Rhône, de Lyon à la mer. — L'expérience a fait peu à peu disparaître, sur le Rhône, les bateaux porteurs devant les autres modes de traction ; elle tend à établir également une supériorité marquée du remorquage sur le touage. Les prix de ce dernier mode de traction descendraient à peine au niveau de ceux du remorquage si les toueurs marchaient toute l'année au maximum de leur puissance de traction.

I. — Services de traction mécanique fonctionnant sur les

DÉSIGNATION DES FLEUVES ET RIVIÈRES	MÔDE DE TRACTION EMPLOYÉ — SOCIÉTÉS EXPLOITANTES	DATE DE L'AUTORISATION OU DE LA CONCESSION — MATÉRIEL EMPLOYÉ	LONGUEUR EXP. Kilom.
<i>Seine.</i> 3 ^e et 4 ^e sections : Dupont de Montereau aux fortifications amont de Paris.	Remorqueurs et toueurs. Compagnie de touage et de remorquage de l'Yonne et de la Haute Seine.	Touage autorisé jusqu'en 1931, par décret du 16 juillet 1904. Pas de monopole. 10 toueurs, 40 remorqueurs.	98
<i>Seine.</i> 5 ^e section : Traversée de Paris.	Traction sur chaîne et remorquage. Diverses compagnies, notamment la Société générale de touage et de remorquage (C ^e Williams) et Société du touage de la Haute-Seine.	Décrets des 6 avril 1854, 13 août 1856, 8 mai 1860, 19 juin 1894 et 16 juin 1904. Pas de monopole. 16 toueurs, 46 remorqueurs, 78 porteurs ou bateaux à vapeur divers.	12
<i>Seine.</i> 6 ^e , 7 ^e et 8 ^e sections : De Paris à Rouen.	Touage sur chaîne à la remonte. Remorquage à la descente. Société générale de touage et de remorquage (C ^e Williams).	Touage autorisé par décrets des 6 août 1854, 8 mai 1860 et 19 juin 1894. Pas de monopole. 4 toueurs-remorqueurs système de Bovet, 5 toueurs ordinaires, 51 remorqueurs. Les convois sont généralement de 5 bateaux.	240
<i>Seine.</i> 9 ^e section : De Rouen à la mer.	Remorqueurs, porteurs et porteurs-remorqueurs. Cinq sociétés particulières.	Trois sociétés seulement ont été autorisées par décisions ministérielles des 27 mai 1891, 18 juin 1900 et 9 mars 1904. Pas de monopole. 12 remorqueurs, 6 porteurs et 9 porteurs-remorqueurs.	125
<i>Oise.</i> De Janville à la Seine.	Oise canalisée. Remorquage à vapeur. Société générale de touage et de remorquage (C ^e Williams). Compagnie Mazy et Société Française.	Décision ministérielle du 23 janvier 1882. Pas de monopole. Compagnie Williams, 51 remorqueurs. » Mazy, 12 » Société Française, 12 » Les convois sont généralement de 5 bateaux.	104
<i>Yonne.</i> De Laroche à Montereau.	Touage sur chaîne noyée. Compagnie de touage et de remorquage de l'Yonne et de la Haute-Seine.	Décret du 18 janvier 1873. Pas de monopole. 4 toueurs.	85
<i>Rhône.</i> De Lyon à la mer.	Porteurs, remorqueurs et toueurs. Ces derniers ont une tendance à prédominer. Divers industriels ou sociétés privées.	Touage autorisé par décision ministérielle du 6 décembre 1883. Pas de monopole. Divers particuliers possèdent 7 remorqueurs, 8 toueurs, 5 porteurs.	330

fleuves et rivières naturelles (canalisées ou non) à grande section.

L'ARC ET SECTION MOUILLÉE DE LA VOIE	SECTION	VITESSE DE MARCHÉ				NOMBRE de BATEAUX-KILOMÈTRES ANNUELS EN 1902	TONNAGE KILOMÉTRIQUE DE CHAR- GEMENT EFFECTIF en 1902	TARIFS KILOMÉTRIQUES	
	ET	A LA SECONDE		A L'HEURE				Remonte	Descente
	TONNAGE								
	utile								
DES BATEAUX		Remonte	Descente	Remonte	Descente				
M ² 400 en- viron	Péniches de 300 T., flûtes de 200 à 300 T., chalands de 200 à 600 T., de 11 m ² 25 à 24 m ² .	Mètres De 1,11 à 1,39 pour les bateaux toués, de 1,39 à 1,67 pour les bateaux remorqués.		Kilom. De 4 à 5 pour les bateaux toués, de 5 à 6 pour les bateaux remorqués.		1.062.210	220.939.833	2 ^m /8 par T. k. de jaugeage et 10 ^m /m par T. k. de chargement effectif.	0 ^m /7 par T. k. de jaugeage et 2 ^m /m5 par T. k. de chargement effectif.
750 en- viron	Péniches de 300 T., flûtes de 200 à 300 T., chalands de 200 à 1.000 T., de 11 m ² 25 à 26 m ² 15.	De 1,11 à 1,389	De 1,954 à 2,056	De 4 à 5	De 7 à 7,500	217.395	51.087.946	De 5 ^m /m à 9 ^m /m la T. k.	De 2 ^m /m5 à 4 ^m /m la T. k.
640 à 750	Péniches de 300 T., chalands de 500 à 1.000 T. (maximum) de 11 m ² 70 à 26 m ² 15.	De 0,70 à 1,90	De 1,50 à 2,95	De 3 à 5,50	De 6 à 9	2.070.018	57.504.626	De 7 ^m /m5 à 15 ^m /m la T. k. De 0 f.20 à 0 f.35 par bateau vide, en été comme en hiver.	De 4 ^m /m à 6 ^m /m la T. k.
Section minima à basse mer : 600	Chalands de 21 m ² portant jusqu'à 1,10 tonnes.	3,50 en profitant des courants favorables et en s'arrêtant lorsque le courant est contraire.		7,8 environ		189.879	29.810.949	20 ^m /m par T. k. 1f.20 par bateau vide.	20 ^m /m par T. k. 1f.20 par bateau vide.
125	285 T. 9 m ²	De 1,10 à 1,50	De 1,10 à 2,20	De 4 à 5,50	De 7 à 8	1.266.966	344.613.819	2 à 5 ^m /m	1 à 2 ^m /m pour les bateaux vides, les prix de traction sont sensiblement les 2/3 de ceux appliqués aux bateaux chargés.
200	9 m ² 280 T.	2,20 à 2,80		5	6	251.832	32.738.187	3 ^m /m024 par T. k. de jaugeage effectif et 11 ^m /m7 par T. k. de chargement effectif.	0 ^m /m756 par T. k. de jaugeage effectif et 3 ^m /m24 par T. k. de chargement effectif.
De 300 à 1,600	De 9 à 11 m ² Tonnage utile : 425 tonnes.	Toueurs 0,972 Remorqueurs 1,388	Toueurs 1,666 Remorqueurs 5,585	Toueurs 3 Remorqueurs 5 à 6	Toueurs 6 Remorqueurs 20	695.386	94.572.522	Variables suivant une classification analogue à celle des chemins de fer, avec des prix inférieurs de 35 à 40 % à ceux du chemin de fer.	

II.— Traction mécanique sur les canaux de navigation intérieure

a) SOUTERRAINS ET BIEFS DE PARTAGE.

Le tableau II ci-après rend compte des conditions de fonctionnement des installations mécaniques existantes à la traversée des souterrains et biefs de partage des Canaux français.

Les renseignements qu'il contient m'ont été très obligeamment fournis par les ingénieurs des Services intéressés.

Il n'y a guère aucun progrès réalisé dans ces exploitations depuis les derniers Congrès.

Aussi, me bornerai-je à indiquer pour chacune d'elles quelques particularités qui n'ont pu trouver place dans le tableau.

Bief de partage du canal de Saint-Quentin. — Le bief de partage du canal de Saint-Quentin doit livrer passage à un trafic énorme, qui n'a, à ma connaissance, d'équivalent sur aucun canal au monde, et peut être évalué à 5 millions de tonnes (exactement 4.968.850 tonnes en 1903), traversant la section de bout en bout.

Sur une longueur totale de 20 k. 160, ce bief de partage comporte :

2 souterrains à voie unique (17,2 mq),		
d'une longueur totale de	6 kilom.	770 m.
des tranchées à voie unique (29,2 mq), sur	2 »	670 »
<hr/>		
Total à voie unique . .	9 kilom.	440 m.
Tranchées à double voie (41 à 42 mq)	10 »	720 »
<hr/>		
Total général . . .	20 »	160 »

Les péniches flamandes qui naviguent sur ce canal portent 285 tonnes utiles et ont un tirant d'eau de 1 m. 80. Le rapport de la section mouillée du canal à la section immergée du bateau est :

en souterrain	1,9
en tranchée à voie unique	3,3
dans les garages	4,6
en tranchée à double voie	4,7

Jusqu'en juin 1902, le Service était organisé avec deux relais intermédiaires, et pour réaliser un trafic total annuel de près de

5 millions de tonnes, on devait faire des convois dont le tonnage allait jusqu'à 10.000 tonnes (35 bateaux).

L'organisation actuelle, qui comporte deux ou trois relais, suivant le cas, ne nécessite que des rames de 7.000 tonnes au plus (25 bateaux chargés), dans le sens du Nord vers Paris. Dans l'autre sens, le nombre des bateaux chargés ne dépasse généralement pas 10, portant un tonnage de près de 3.000 tonnes. On pourrait ainsi réaliser un tonnage annuel de près de 7 millions de tonnes.

Les toueurs à vapeur en service, au nombre de 6, développent un travail effectif mesuré sur la remorque de 25 à 40 chevaux.

Ce système donne toute satisfaction, depuis quarante ans, grâce à la bonne construction des machines et du matériel, grâce aussi à un entretien constant et à des transformations opérées successivement ; mais le touage à vapeur offre des inconvénients sérieux dans la traversée des souterrains, et surtout du plus grand des deux, qui a une longueur de 5 kilom. 670 m., en raison de l'écoulement très lent de la fumée par les puits d'aérage.

Ces inconvénients ont déterminé les ingénieurs à proposer de substituer l'électricité à la vapeur, sans changer le système de touage dont l'expérience a démontré les qualités.

Des expériences de traction ont été faites dans ce but, dans le grand souterrain, à des vitesses variables entre 1.200 et 1.800 mètres à l'heure (0 33 à 0 50 par seconde), avec des rames de 10 à 33 bateaux ; elles ont démontré que l'effort de traction, mesuré au dynamomètre sur la remorque, varie dans les limites ci-après :

Effort moyen pour tout le

souterrain	de 2.410 kilogr. à 4.635 kilogr.
Effort maximum	de 4.200 kilogr. à 7.600 kilogr.

La dénivellation de l'eau, de l'avant à l'arrière de la rame, atteint, suivant les cas, de 0 m. 25 à 0 m. 45.

En raison de la progression rapide de l'effort de traction pour des variations et dans des limites de vitesse assez restreintes, il y a intérêt à augmenter le tonnage des rames plutôt que la vitesse, pour réaliser un tonnage journalier déterminé.

L'importance croissante du mouvement de la navigation a conduit à porter le diamètre des anneaux de la chaîne de touage, qui était au début de 18 millimètres, à 23,3, puis à 30 millimètres dans le grand souterrain, à 23 et 26 millimètres, dans les autres parties du bief de partage.

Les bateaux chargés paient à raison de fr. 0,002 par tonne kilométrique ; les bateaux vides sont remorqués gratis.

Bief de Mauvages, sur le canal de la Marne au Rhin. — Les deux toueurs ont chacun une puissance effective de 18 chevaux.

Les essais au dynamomètre ont donné, pour un convoi de 16 bateaux, d'un tonnage total de 3.254 tonnes, un effort de traction moyen de 2.746 kilogrammes, et un travail moyen de 13,2 chevaux-vapeur.

Le maximum de tonnage annuel que permette l'installation existante est de 2.500.000 tonnes.

Souterrain de Mont de Billy. — Des renseignements complets sur le halage funiculaire employé et sur les expériences de traction ont été donnés dans le rapport de MM. La Rivière et Bourguin, au Congrès de 1898.

Les poulies en fonte qui portent le câble viennent d'être remplacées pour la deuxième fois depuis 1896 ; leur durée moyenne est donc de quatre ans.

Le câble primitif paraît approcher de la limite de sa durée, et devra être remplacé en 1906 ; il aura, par suite, fonctionné pendant plus de dix ans. Son allongement total atteint 80 mètres, et son diamètre primitif de 0 m. 03, est actuellement réduit à 0 m. 027.

Le fonctionnement du système a été des plus satisfaisants, et, depuis la mise en marche, le halage funiculaire a remorqué dans le souterrain environ 50.000 bateaux, sans qu'il se soit produit le moindre accident.

Souterrain de Ham, sur le canal de l'Est. — La situation du souterrain de Ham entre deux écluses rapprochées qui produisent à tout moment des courants assez violents est telle que le touage fonctionne dans des conditions particulièrement défavorables. On a été conduit à réduire la composition des rames à 4 bateaux chargés, ce qui n'empêche pas d'atteindre un tonnage de 9 à 10.000 tonnes par journée de douze heures.

Souterrain de Pouilly, sur le canal de Bourgogne. — Le toueur en service depuis 1893 est un petit bateau de 15 mètres de longueur et 3 m. 20 de largeur, qui porte un appareil de touage système Bouquié, actionné par une dynamo réceptrice.

L'énergie est produite par des turbines qui utilisent les chutes

des écluses extrêmes du bief de partage, et produisent un travail brut moyen de 33 chevaux.

Le courant est conduit à la réceptrice par des câbles aériens et un système de trolley.

Bief de partage du canal du Nivernais. — Le toueur est actionné par un moteur à pétrole de 10 chevaux.

Les convois se composent de 3 à 12 bateaux, et le tonnage utile varie de 100 à 850 tonnes.

La durée de la traversée du bief de partage (3 kilom. 700) varie de 1 h. 30 min. à 3 heures, et la consommation en essence, de 7 à 18 litres.

Le système fonctionne très régulièrement et donne lieu à une dépense modérée, eu égard à la faiblesse du trafic et au tonnage réduit des bateaux.

II. — Canaux de navi

a) SERVICES DE TRACTION MÉCANIQUE FONCTIONNANT DANS LES

Désignation des voies navigables	Mode de traction employé	Date et nature de l'autorisation	Mode d'exploitation	Longue exploitée
<i>Canal de Saint-Quentin.</i> Bief de partage.	Touage à vapeur : 6 toueurs, dont 3 appartenant à l'Etat, de 40 chevaux indiqués.	Date inconnue. — La création du service remonte à juillet 1867.	Par l'Etat, avec monopole.	Kilomètres 20,160
<i>Canal de la Marne au Rhin.</i> Bief de Mauvages.	Touage à vapeur : 2 toueurs de 18 chevaux-vapeur effectifs.	Décret du 21 juin 1878.	Par l'Etat, avec monopole.	7,300 dont 4,877 en souterrain
<i>Canal de l'Aisne à la Marne.</i> Souterrain de Mont-de-Billy.	Traction funiculaire : Machine de 40 chevaux-vapeur indiqués.	Décret du 28 mars 1893.	Par l'Etat, avec monopole.	2,600
<i>Canal de l'Est</i> Souterrain de Ham.	Touage à vapeur : 1 toueur de 18 chevaux.	Mise en service : 1 ^{er} mars 1880.	Par l'Etat, avec monopole.	0,900
<i>Canal Saint-Martin.</i> Partie couverte.	Touage à vapeur : 1 toueur, 1 remorqueur faisant les remplacements.	Arrêté préfectoral du 26 mai 1862.	Exploitation en régie.	2,700
<i>Canal de Bourgogne.</i> Souterrain de Pouilly.	Toueur électrique : 2 dynamos, turbines de 33 chevaux-vapeur.	Autorisation ministérielle du 8 février 1903.	Par l'Etat, avec monopole.	5,460
<i>Canal du Nivernais.</i> Bief de partage.	Touage avec moteur à essence : 10 chevaux-vapeur effectifs.	Décret du 15 février 1899.	Par l'Etat, avec monopole.	3.700

b) SERVICE DE TRACTION MÉCANIQUE FONCTIONNANT

DÉSIGNATION DES CANaux	SOCIÉTÉ EXPLOITANTE ET MODE DE TRACTION EMPLOYÉ	DATE ET NATURE DE L'AUTORISATION	Longueur exploitée
Canal d'Aire.	Société électrique du Nord. Halage par tracteurs sur berge ou sur rails.	Aucun monopole. Autorisation par arrêtés préfectoraux des 24 et 28 juin 1899, renouvelés les 23 octobre et 24 novembre 1904.	58 kilom. et bientôt 83 kilom.
Canal de la Deûle.	La Société possède 105 tracteurs sur berge de 2,5 tonnes (tricycles, automobiles Denêfle) et 5 tracteurs sur rails de 8 tonnes d'un modèle nouveau. Elle fait des convois de 2 bateaux chargés ou 4 bateaux vides. Les tracteurs sur rails peuvent traîner au besoin 4 bateaux chargés.		
Dérivation de la Scarpe autour de Douai.			

gation intérieure.

SOUTERRAINS ET BIEFS DE PARTAGE DES CANAUX FRANÇAIS

Section mouillée Ω de la cunette	Section ω et tonnage utile du bateau	Rapport $n = \frac{\Omega}{\omega}$	Vitesse de marche à la seconde	Vitesse commerciale à l'heure	Tonnage kilométrique en 1902	Dépense d'exploitation par tonne kilométrique en millimes	Tarifs maxima kilométriques
Mètres carrés				Kilomètres	Tonnes		
En souterr., 17.2. En tranchée à voie unique, 23.2. En tranchée à dou- ble voie, 42.1.	9 m ² 300 T.	1,9 3,3 4,6 à 4,7	0,39 à 0,53 0,40	0,965 à 1,040	92 985 610	1,24	Bat. chargés : fr. 0,002 par T. K. — Bateaux vides : remorqués gratits.
En souterr., 15,60. En tranchée, 28,99.	9 m ² 300 T.	1,73 3,22	0,35 0,60	1,200 2,000	11 605 095	2,2	Bat. chargés : fr. 0,050 par T. K. — Bateaux vides : remorqués gratits.
En souterr., 14 875.	9 m ² 300 T.	1,65	0,35 à 0,40	1,200 à 1,500	4 370 418	3,291	Bat. charg. : fr. 0,007,7 par T. K. — Bateaux vides : remorqués gratits.
En souterr., 15,36.	9 m ² 300 T.	1,71	0,50	1,350	1 087 425	11,44	Bat. char. : fr. 0,016 67 par T. K. — Bateaux vides : fr. 0,277,8 par bateau et par kil.
—	2 m ² 55 380 T.	variable	0,60	2,160	3 202 754	10,3	Bat. 200 T. et au-des- sus : ch., 4 fr.; v., 2 fr. Bat. 150 à 200 T. : ch., 3 fr.; v., fr. 1 50. Bat. 100 à 150 T. : ch., fr. 250; v., fr. 1 25 Bat. au-dessous de 100 T. : ch., 1 fr.; v., fr. 1 50.
En souterr., 14 12.	9 m ² 300 T.	1,57	0,85	3,000	908 587	13,758	Le jour : fr. 1 50 par coque + fr. 0 05 par T. K. Minimum, 4 fr. La nuit : 10 fr. par coque + fr. 0 10 par T. K. Minim., 10 fr.
En souterr., 10,20.	2 m ² 62 160 à 170 T.	3,89	0,60 à 0,30	1,500 à 2,000	219 508	17,6	Par coque de moins de 100 T. : fr. 0 50 + fr. 0 04 par T. K. Par coque de plus de 100 T. : 1 fr. + fr. 0 04 par T. K. — Bateaux vides : touage gratits.

SUR LES CANAUX DU NORD DE LA FRANCE

SECTION Ω MOUILLÉE DE LA VOIE	Tonnage utile et section ω des bateaux $\frac{\Omega}{\omega} = n$	VITESSE DE MARCHÉ		Nombre de bateaux kilomètres annuels (1903)	Tonnage kilométrique annuel (1903)	Tarifs maxima kilométriques	
		à la seconde	à l'heure			Remonte millimes	Descente millimes
27 m ² (Aire)	Tonnage de	Mètres	Kilomètres	729.565	125.234.922	Millimes	Millimes
33 à 35 m ² (Deûle)	280 à 300 tonnes $\omega = 9 \text{ m}^2$ Aire, $n = 3$ Deûle $n = 3.78$ Dérivation $n = 5.22$	Tracteur sur berge de 0m60 à 0m75. Tracteur sur rails et convoi de 2 bateaux chargés 0m78 à 0m89. Tracteur sur rails traînant un convoi de 3 à 4 bateaux vides 1m72 à 1m90.	Tracteur sur berge de 2,160 à 2,700. Tracteur sur rails de 2,8 à 3,2. Tracteur sur rails traînant un convoi de 3 à 4 bateaux vides 6,200 à 6,800.			Jauge possi- ble . . 1,75 à 1 m. 80 d'enfon- cement. Charge- ment ef- fectif . 2,25	Jauge possi- ble . . 1,50 à 1 m. 80 d'enfon- cement. Charge- ment ef- fectif . 2,00
47 m ² (Dérivation de la Scarpe)						Total 4,00	Total 3,50

b) CANAUX DU NORD DE LA FRANCE. — TRACTION ÉLECTRIQUE
DES BATEAUX.

Résultats d'exploitation de la traction sur berge des Canaux d'Aire et de la Deûle et de la Dérivation de la Scarpe, depuis 1900. — Le § (b) du tableau qui précède résume les conditions d'exploitation du service de traction électrique qui fonctionne sur les Canaux d'Aire, de la Deûle et de la Dérivation de la Scarpe.

Les rapports de MM. La Rivière et Bourguin aux Congrès de Bruxelles et de Paris ont rendu compte des premiers essais et des débuts de l'exploitation de la traction électrique des bateaux sur les canaux du Nord. Limitée à 26 kilomètres en 1878, la section exploitée était de 55 kilomètres en juillet 1900 ; elle va atteindre prochainement 83 kilomètres, et s'étendra de Béthune sur le Canal d'Aire, au Bassin Rond, origine du Canal de la Sensée et jonction de ce canal avec l'Escaut, comprenant 76 kilomètres de la ligne principale de Paris à la mer du Nord, et en outre l'embranchement de Don (4 kilom.), et celui de Beuvry (3 kilom.).

Le trafic de la section de 55 kilomètres actuellement en exploitation, qui, en 1900, dépassait à peine 1 million de tonnes parcourant toute la section, a été en 1903 de 2.276.816 tonnes. Les graphiques de la planche I indiquent la progression du tonnage pendant ces quatre années d'exploitation, et la répartition du tonnage de la dernière année par mois d'exploitation.

Il résulte des relevés faits aux usines que l'énergie dépensée a été, en 1903 :

Par tonne kilométrique de chargement effectif (en répartissant sur le tonnage kilométrique total de chargement effectif l'énergie absorbée par la traction des bateaux vides et le retour à vide des tracteurs inutilisés) 5,1 watts-heure

Par bateau-kilomètre (en négligeant les bateaux vides) 2,6 kilowatts-heure.

Ces consommations, mesurées aux usines, sont très faibles, malgré le mauvais rendement des tracteurs sur berge, qui ne dépasse pas 0,40. Elles ne peuvent s'expliquer qu'en raison de la très faible vitesse d'exploitation. Celle-ci ne dépasse pas dans la pratique 2 kilom. 2 à l'heure sur la Dérivation de la Scarpe, et 2 kilom. sur la Deûle, c'est-à-dire la vitesse des chevaux de

halage, qui continuent à traîner une partie du trafic et règlent la vitesse sur toute la section.

Le graphique (fig. 2) de la planche I, montre qu'en tenant compte de toutes les pertes de temps, le parcours utile d'un tri-cycle n'a été, en 1903, que de 15 à 18 kilomètres par jour.

Or, les expériences faites en 1900 sur les tracteurs Galliot-Denèfle, encore actuellement en service, démontrent que la puissance absorbée par tonne kilométrique et par bateau-kilomètre augmente rapidement lorsque la vitesse passe de 2 kilom. 200 à 3 kilom. 500, limites entre lesquelles ont été faites les expériences de traction d'un et de deux bateaux.

Les résultats de ces expériences, consignés dans le tableau III ci-après, démontrent clairement que le mode d'exploitation le plus avantageux, avec le tracteur considéré, consiste à remorquer des convois de 2 bateaux de 290 tonnes à la vitesse de 2 kilom. 200 environ, et un effort de traction de 300 kilogrammes environ.

EXPÉRIENCES FAITES EN 1900 SUR LA

INDICATION DES EXPÉRIENCES	Durée des expé- riences	Emplacement — Rapport de la section mouillée du canal à la section immergée du bateau	Nombre de bateaux remor- qués N	Tonnage utile remor- qué P	VITESSE	
					en mètres à la seconde V	en kil- mètres à l'heure
1 ^e Traction d'un bateau chargé						
				Tonnes		
Marche en série	»	Dérivation 5,22	1	290	0,74	2,664
Id.	»	Id.	1	290	0,77	2,772
Moyennes. . .					0,755	2,718
Marche en parallèle. . . .	»	Id.	1	290	0,89	3,204
Id.	»	Id.	1	290	0,91	3,276
Id.	»	Id.	1	290	0,93	3,348
Moyennes. . .					0,91	3,276
2 ^e Traction de 2 bateaux chargés						
Marche en série	»	Dérivation 5,22	2	580	0,62	2,232
Id.	»	Id.	2	580	0,65	2,340
Moyennes. . .					0,63	2,286
Marche en parallèle. . . .	»	Id.	2	580	0,74	2,664
Id.	»	Id.	2	580	0,74	2,664
Id.	»	Id.	2	580	0,75	2,700
Moyennes. . .					0,74	2,676

sur berge.

DÉRIVATION DE LA SCARPE AUTOUR DE DOUAI

EFFORT AU CROCHET		Travail utile $\frac{FV}{75} = T$	Vol- tage moyen v	Inten- sité moyenne i	PUISSANCE ABSORBÉE		Rende- ment $R = \frac{T}{E'}$	PUISSANCE ABSORBÉE PAR	
total F	en kilo- grammes par tonne remor- quée				en watts $E = vi$	en chevaux- vapeur $E' = \frac{E}{736}$		tonne kilomé- trique en watts- heure	bateau kilo- mètre en kilowats- heure
Kilog.									
280	0,9	2,76	460	10	4,600	6,25	0,44	5,95	1,727
220	0,7	2,26	480	10	4,800	6,52	0,34	5,97	1,732
250	0,8	2,51	470	10	4,700	6,38	0,39	5,96	1,729
350	1,2	4,15	490	16	7,840	10,65	0,39	8,44	2,447
320	1,1	3,88	480	14	6,720	9,13	0,42	7,07	2,051
350	1,2	4,34	490	15	7,350	9,99	0,43	7,57	2,195
340	1,2	4,12	487	15	7,303	9,92	0,41	7,69	2,231
300	0,5	2,48	420	10	4,200	5,71	0,43	3,24	941
340	0,6	2,95	450	12	5,400	7,34	0,40	3,98	1,154
320	0,55	2,71	435	11	5,300	6,52	0,41	3,61	1,047
610	1,0	6,02	480	24	11,520	15,65	0,39	7,48	2,162
600	1,0	5,92	480	23	11,040	15,00	0,39	7,15	2,072
520	0,8	5,20	480	21	10,080	13,70	0,39	6,44	1,867
577	0,9	5,71	480	23	10,880	14,78	0,39	7,01	2,034
					Rendement moyen		0,40		

Les résultats de l'exploitation pendant les années 1903 et 1904 ont été des plus satisfaisants et ont encouragé la Société de traction électrique sur les Canaux du Nord, à développer ses installations et à les transformer pour profiter de l'expérience acquise.

Les chiffres ci-après donneront une idée de l'importance de cette exploitation, et sont complétés par les graphiques (fig. 1 et 2) de la planche I :

	Recettes brutes	Dépenses	Recettes nettes	Observations
	Fr.	Fr.	Fr.	
Par kilom. exploité .	8.904.895	6.345.70	2.559.195	Coefficient d'explo- itation de l'année 1903 : 0,713
Par tricycle-kilom. .	1,263	0,900	0,363	
Par bateau-kilom. .	0.707	0,504	0,203	
Par tonne kilom. . .	0,004 12	0,002 94	0,001 18	

Avantages de la traction sur rails. — MM. Léon Gérard et Mollard, ont, dans leurs communications au Congrès de Düsseldorf, démontré que, malgré les avantages que présente la traction sur berge, la traction sur rails lisses devait lui être préférée sur les canaux à grand trafic au point de vue de l'économie d'entretien des chemins de halage, de l'économie d'entretien du matériel, de l'économie du personnel et de la consommation d'énergie.

Le capital immobilisé dans l'achat du matériel roulant et dans l'usine de production d'énergie est aussi moins considérable dans la traction sur rails que dans la traction sur berge.

Entretien des chemins de halage. — L'expérience faite sur les canaux du Nord exploités électriquement a démontré qu'alors que la traction par chevaux n'exigeait que des chaussées en gravier ou en scories peu épaisses et d'un entretien peu onéreux, les tracteurs sur berges nécessitaient des chaussées solides et bien roulantes, de 20 centimètres d'épaisseur, constituées en matériaux durs (porphyre de Quenast ou de Lessines) employés par rechargements généraux cylindrés.

Les dépenses d'entretien et de grosses réparations d'un kilomètre de chemin de halage, qui n'étaient, jusqu'en 1899, sur les mêmes voies exploitées par chevaux, que de fr. 233,86, sont

passées, du fait de la traction électrique, à fr. 875,58. On peut estimer l'entretien d'une voie ferrée de 1 mètre, bien ballastée, à 400 francs par an au plus.

L'économie à réaliser du fait de la substitution de la traction sur rails à la traction sur berge est donc de fr. 475,58 par an et par kilomètre de canal, en supposant que, dans un cas comme dans l'autre, le halage se fasse sur une rive seulement.

Entretien et amortissement du matériel roulant. — Les trépidations dues au roulement sur une surface rugueuse comme celle des chaussées les mieux entretenues provoquent une usure rapide du mécanisme des tracteurs sur berge. La durée moyenne des principales pièces a été la suivante :

Vis sans fin en bronze	3 mois 1/2
Roue dentée en acier	2 ans 1/2
Palier de butée	1 an
Coussinet arrière de vis sans fin . . .	2 ans 1/2
Coussinet de carter	6 mois
Coussinet de fusée d'essieu	2 ans
Coussinet de moteur avant	2 ans 1/2
Coussinet de moteur arrière	2 ans 1/2
Roue motrice	2 ans

Le coût moyen de l'entretien du tracteur sur berge a été en 1903 de fr. 478,60. Le nombre d'années à compter pour leur amortissement est de dix ans. Pour le tracteur sur rails, la Compagnie électrique du Nord estime que les dépenses d'entretien ne dépasseront pas 375 francs, d'ou fr. 103,60 d'économie par tracteur, et que la durée de l'amortissement sera portée à quinze ans.

Economie du personnel. — L'absence de trépidations et la puissance plus grande des tracteurs sur rails permettent d'aborder des vitesses plus grandes qu'avec les tracteurs sur berges. Toutefois, en raison de la section réduite des canaux du Nord et de la faible épaisseur de la lame d'eau que laisse un mouillage de 2 mètres à 2 m. 20 sous un bateau de 1 m. 80 d'enfoncement, la vitesse maximum des tracteurs sur berge sera limitée au début à 3.000 mètres environ, en augmentation de moitié sur la vitesse courante des tracteurs sur berge. Il en résultera une économie de 1/3 au moins sur l'effectif du personnel et du matériel roulant en service. Lorsque les travaux d'approfondissement à 2 m. 50 et d'élargissement de 16 à 21 mètres à la ligne

d'eau, actuellement en cours d'exécution sur les canaux du Nord, seront terminés, on pourra aborder des vitesses de 3.500 à 4.000 mètres pour les convois de 2 bateaux, et l'économie de personnel et de matériel pourra atteindre 50 %.

Economie dans la consommation d'énergie. — Le tableau ci-après rend compte des expériences faites sur la Dérivation de la Scarpe et sur la Deûle, sur l'énergie absorbée par tonne kilométrique et par bateau-kilomètre, par les tracteurs sur rails actuellement en service à titre d'essai.

Ces expériences ont porté sur la traction d'un bateau de 290 tonnes isolé, et sur celle de convois de 2, 3 et 4 bateaux chargés de 290 tonnes, de 3 et 4 bateaux vides.

Elles ont démontré que :

1° Le rendement moyen du tracteur sur rails est de 0,675, tandis que celui du tracteur sur berge n'est que de 0,40 ;

2° Il y a un très grand avantage, au point de vue de l'énergie consommée, à traîner les bateaux par convois de 3 au lieu de les traîner isolément ou par convois de 2 ; mais l'avantage obtenu par la traction de convois de 4 bateaux est beaucoup moins sensible qu'on ne pourrait le croire, si on ne tient pas compte de la réduction des frais du personnel.

On est d'ailleurs conduit, sur les canaux à point de partage qui comportent de nombreuses écluses, à limiter le nombre des bateaux composant les convois à celui que les dimensions des écluses permettent d'écluser à la fois, en raison du temps perdu à chaque écluse pour écluser et pour former les convois, et du ralentissement qui en résulte pour la marche des bateaux.

Sur la section exploitée électriquement qui nous occupe, il n'y a que 4 écluses sur 83 kilomètres ; le bief le plus long a 40 kilomètres, et le plus court, 5 kilomètres ; les écluses sont doubles, avec 2 sas accolés ; et leurs abords sont aménagés de manière à réduire au minimum la durée d'une éclusée, et à permettre de faire passer 5 à 6 bateaux à l'heure dans chaque sens. Les inconvénients de la traction par convois de 3 et même de 4 bateaux seraient moindres dans ces conditions que sur une voie à biefs courts et à écluses simples, rapprochées et moins bien aménagées ; ils pourraient même être compensés par d'autres avantages et l'exploitation par convois ne réduirait en rien la capacité de trafic de la voie. Néanmoins, les convois de deux bateaux sont seuls autorisés jusqu'ici.

3° L'économie d'énergie du tracteur sur rails sur le tracteur sur berge due au rendement supérieur et à la plus grande puis-

sance de l'engin expérimenté est compensée en grande partie par l'augmentation rapide de la puissance absorbée qui résulte de l'adoption de vitesses plus grandes ; il n'en demeure pas moins que l'adoption de vitesses dépassant 3 kilomètres et pouvant aller jusqu'à 3 kilom. 500 m. et 4 kilom. 000 m. si le rapport de la section du Canal à la section du bateau est de 4 à 5, paraît justifiée par les économies à réaliser sur le personnel et sur le matériel.

INDICATION DES EXPÉRIENCES	Durée des expé- riences	Emplacement — Rapport de la section mouillée du canal à la section immergée du bateau	Nombre de bateaux remor- qués N	Tonnage utile remor- qué P	VITESSE	
					en mètres à la seconde V	en mètres à l'heure
1° Traction d'un bateau chargé :						
Tracteur n° 1, 40 HP, réduction 1/20 (marche en série) .	2' 00"	Dérivation 5,22	1	290	0,923	3,320
Tracteur n° 3, 40 HP, réduction 1/20 (marche en série) .	2' 28"	Deûle 3,89	1	290	0,810	2,916
Moyennes. . .			1	290	0,866	3,118
2° Traction de 2 bateaux chargés :						
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	3' 26"	Dérivation 5,22	2	580	0,873	3,142
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	4' 28"	Deûle 3,89	2	580	0,896	3,225
Tracteur n° 3, 40 HP, réduction 1/20	6' 37"	Deûle 3,89	2	580	0,755	2,720
Moyennes. . .			2	580	0,841	3,029
3° Traction de 3 bateaux chargés :						
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	14' 06"	Deûle 3,89	3	870	0,770	2,772
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	5' 25"	Deûle 3,89	3	870	0,775	2,790
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	5' 21"	Dérivation 5,22	3	870	0,906	3,260
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	41' 50"	Deûle 3,89	3	870	0,746	2,685
Moyennes. . .			3	870	0,799	2,852
4° Traction de 4 bateaux chargés :						
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	16' 42"	Deûle 3,89	4	1,160	0,718	2,584
5° Traction de 3 bateaux vides :						
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	5' 29"	Dérivation	3	»	1,820	6,550
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57		Deûle	3	»	1,886	6,670
Moyennes. . .			3	»	1,853	6,670
6° Traction de 4 bateaux vides :						
Tracteur n° 4, 40 HP, réduction 1/15,57	2' 10"	Dérivation	4	»	1,724	6,200

sur rails.

DÉRIVATION DE LA SCARPE ET LA DEULE.

EFFORT AU CROCHET		Travail utile $\frac{VF}{75} = T$	Vol- tage moyen v	Inten- sité moyenne i	PUISSANCE ABSORBÉE		Rende- ment $R = \frac{T}{E'}$	PUISSANCE ABSORBÉE	
Total	en kilo- grammes par tonne remor- quée				en kilowatts $E = vi$	en chevaux- vapeur $E' = \frac{E}{736}$		par tonne kilométrique en kilowatts- heure	par bateau kilomètre en kilowatts- heure
F									
Kilog.									
300	1,03	3,69	536	7,3	3,913	5,30	0,70	4,06	1,189
468	1,61	5,05	497	13,5	5,715	7,76	0,65	6,76	1,959
384	1,30	4,37	516	10,4	4,814	6,53	0,675	5,41	1,574
656	1,13	7,64	520	17,5	9,100	12,36	0,62	4,99	1,448
639	1,10	7,64	512	15,3	7,833	10,64	0,72	4,19	1,215
675	1,16	6,79	510	14,25	7,268	9,88	0,68	4,61	1,337
656	1,13	7,36	514	15,6	8,067	10,96	0,68	4,60	1,333
83,6	1,07	9,58	507,7	19,3	9,808	13,33	0,72	4,05	1,180
10,0	1,16	10,44	532,4	22,1	11,744	15,95	0,65	4,84	1,403
34,6	0,73	7,67	521,5	16,6	8,656	11,76	0,65	3,05	0,885
367,0	1,00	8,62	477,6	18,8	8,978	12,20	0,71	3,84	1,111
361,3	0,99	9,08	510	19,2	9,796	13,31	0,68	3,94	1,145
1,065	0,97	10,20	507	23,1	11,711	15,91	0,64	3,89	1,133
727	»	17,64	539	35	18,865	25,6	0,69	»	0,960
694	»	16,62	538	35,3	18,991	25,8	0,64	»	0,933
694	»	17,13	538,5	35,1	18,928	25,7	0,665	»	0,916
908	»	20,89	538	40	21,620	29,37	0,71	»	0,912
Moyenne générale. . .							0,675		

: *Economie dans le capital de premier établissement.* — La réduction de l'effectif du matériel roulant provenant, d'une part, de l'adoption d'une vitesse plus grande, d'autre part, de la traction des bateaux par convois de 3 ou 4 au lieu de 2, conduira à une économie, si elle est autorisée, malgré le coût plus élevé du tracteur sur rails.

Le meilleur rendement de cet engin, supérieur de près de 70 % à celui du tracteur sur berge, permettra d'ailleurs, à *vitesse égale*, de réaliser une économie importante sur le capital de premier établissement de l'usine centrale de production de l'énergie.

Mais la dépense de premier établissement de la voie, et même de deux voies ferrées quand le trafic sera assez élevé pour nécessiter la marche simultanée sur les deux rives, affectées l'une à la remonte et l'autre à la descente, ne sera compensée qu'en partie par la suppression de la ligne de retour du courant, qui sera remplacée par les rails.

Description du tracteur sur rails. — Le tracteur actuellement à l'essai près de Douai se compose d'un bâti entièrement métallique, en tôle d'acier, reposant sur deux essieux distants de 1 m. 70. Sa longueur est de 4 mètres, et sa largeur de 1 m. 60, toutes saillies comprises. Sa hauteur au-dessus des rails est de 2 m. 50.

Chaque essieu est actionné par un moteur électrique à courant continu d'une puissance de 20 chevaux. Le mouvement de l'induit est transmis à l'essieu par l'intermédiaire d'un double train d'engrenages cylindriques. Les moteurs sont placés à l'extérieur des essieux, et l'espace compris entre ces derniers est occupé par une cabine abritant le wattman et renfermant les appareils de manœuvre.

À l'avant et à l'arrière du bâti, sont placés deux crochets pour l'amarrage de la corde de traction des bateaux.

Le poids total est de 8.000 kilogrammes ; tout le poids est adhérent.

La mise en marche s'obtient à l'aide d'un combinateur série parallèle (type ordinaire de tramway) permettant de marcher dans les deux sens avec l'un ou l'autre des moteurs ou avec les deux ensemble groupés soit en tension soit en quantité. Des résistances intercalées à volonté dans le circuit permettent de faire les démarrages.

On emploie le couplage en série pour la traction des bateaux

chargés et le couplage en parallèle pour la traction des bateaux vides et pour la marche du tracteur haut-le-pied.

On arrive ainsi à traîner 2, 3 et 4 bateaux chargés à une vitesse variant de 3 k. 300 à 2 k. 600 à l'heure, 3 ou 4 bateaux vides à une vitesse de 6 k. 700 à 6 k. 200 à l'heure et à réaliser dans la marche haut-le-pied du tracteur une vitesse de 10 à 12 km. à l'heure.

Ces diverses vitesses sont compatibles avec la section du canal, les habitudes des mariniers, la résistance des cordes de traction et des mâts des bateaux, et enfin, avec le fonctionnement du trolley-cavalier qui ne pourrait cependant suffire pour des vitesses sensiblement supérieures à 12 km. à l'heure.

Prise de courant. — Voie ferrée. — La prise de courant se fait au moyen d'un trolley cavalier à deux roulettes, et d'un fil souple isolé conformément au système déjà en service depuis plusieurs années pour le tracteur sur berge.

La ligne de contact, au potentiel de 500 volts en courant continu, est établie sur poteaux placés à l'extérieur du chemin de halage. (Voir dessins n^{os} 3, 4, 5, 6 de la planche I.)

La voie est placée à 1 mètre de l'arête supérieure de la digue côté du canal, et un espace libre de 2 m. 60 au minimum est réservé entre les supports de la ligne de contact et les parties les plus saillantes du tracteur, pour permettre le passage des chevaux de halage, et exceptionnellement des voitures ou des bicyclettes.

Expériences de démarrage. — Les figures (1), (2) et (3) de la planche II rendent compte d'expériences de démarrage faites avec un bateau à l'entrée ou à la sortie d'une écluse, et avec 3 bateaux en convoi en canal courant.

Ces graphiques montrent qu'on peut faire démarrer 1, 2 ou 3 bateaux avec des efforts de traction ne dépassant généralement pas 1.000 kilogrammes. Toutefois, le combinateur actuellement employé ne comporte que 3 rhéostats dont les résistances sont successivement de 6,1 ohms, 4,2 ohms, 1,8 ohm. Chaque fois qu'on fait varier la résistance en passant d'une touche sur l'autre, il se produit une brusque montée de l'intensité du courant, qui relève brusquement l'effort de traction et force le wattman, pour ne pas dépasser la limite qu'on lui a imposée, à revenir sur la touche précédente, et à recommencer plusieurs fois de suite cette manœuvre, de manière à démarrer progressivement. Dans l'intervalle entre deux touches, il se

produit par suite des sauts brusques de l'aiguille du dynamomètre, qui monte jusqu'à 12 ou 1500 kilogrammes, et il n'est pas possible de faire des observations précises. C'est pour ce motif que le graphique figure (3) représentant le démarrage de 3 bateaux présente des lacunes avant chacune des touches.

Pour obvier à cet inconvénient, il faudrait introduire dans le circuit des moteurs des résistances plus considérables au début, et plus nombreuses que celles employées dans les combinateurs de tramways, où l'inertie de la masse à mettre en mouvement est beaucoup moins grande. Malgré une gamme de touches plus étendue, la vitesse variera encore par sauts brusques comme l'intensité et l'effort de traction ; mais l'amplitude des oscillations sera moins grande, et le démarrage plus continu et plus rapide.

Puissance des moteurs. — Le poids adhérent du tracteur étant de 8.000 kilogrammes, l'effort de traction peut atteindre sans patinage, en adoptant pour l'adhérence un coefficient de 0,16 ($\frac{1}{6}$) admissible avec les moteurs électriques, la limite de 1.300 kilogrammes. Quand les rails sont secs et propres, l'adhérence peut même atteindre 0,20 ($\frac{1}{5}$), et l'effort de traction 1.600 kilogrammes.

Dans l'état actuel des choses, on peut considérer 1.300 kg. comme la limite supérieure de l'effort compatible avec la traction au mât qu'il est nécessaire d'adopter quand la remorque doit passer par-dessus les bateaux en chargement ou en déchargement le long de la rive.

En admettant une vitesse de 3 km. à l'heure, le travail utile sur la remorque serait de 14 à 15 ch. v. En comptant un rendement de 0,85 pour le double train d'engrenages, le travail compté sur les arbres des moteurs est de 17 chevaux environ.

La Compagnie Electrique du Nord a pris un type de moteurs très puissants, pouvant fournir 20 chevaux à vitesse normale en absorbant environ 35 ampères sous 500 volts. A vitesse réduite, sous 250 volts, ce moteur peut faire environ 10 chevaux avec la même intensité absorbée et par suite avec le même échauffement.

En réalité, il n'y a qu'à fournir 8 à 9 chevaux dans la marche en série, ce qui réduit l'intensité et par suite l'échauffement et permet au moteur de soutenir facilement son effort pendant plusieurs heures et même pendant une journée entière, bien qu'il soit complètement enfermé.

Dans la marche en parallèle pour la traction des bateaux vides, chaque moteur arrive à faire 10 à 12 chevaux, et peut soutenir aisément ce régime pendant plusieurs heures et même indéfiniment.

Le surcroît de puissance des moteurs ne paraît pas exagéré et la Compagnie songe même à l'augmenter, afin de réduire encore les chances d'avarie et par suite les dépenses d'entretien, et de se réserver la faculté d'augmenter à un moment donné la vitesse de traction, en modifiant simplement les engrenages de réduction de vitesse en vue d'utiliser les moteurs à la limite de leur puissance. Le rendement général de 0,670 trouvé pour la traction des bateaux chargés avec moteurs couplés en série montre d'ailleurs que le surcroît de puissance des moteurs et le couplage en série n'affectent pas notablement le rendement des moteurs proprement dit et le laisse aux environs de 0,80, le rendement des deux trains d'engrenages étant estimé ensemble à 0,85.

Extension et transformation de l'exploitation. — La Compagnie électrique du Nord a pris depuis près d'un an la succession de la Société de traction électrique sur les canaux du Nord, et continue à exploiter à l'aide des tracteurs électriques Galliot-Denèfle circulant sur chaussée la partie de la grande ligne de navigation de l'Escaut à la mer du Nord comprise entre Courchelettes et Béthune, et deux embranchements vers Don et vers Beuvry, en tout 58 kilomètres.

En outre, elle a posé à titre d'essai entre Douai et Aubry sur 6 kilomètres, une voie ferrée en rails de 20 kilogrammes, sur laquelle circulent cinq tracteurs sur rails du type décrit ci-dessus, qui assurent normalement le service entre ces deux points.

Les expériences dont nous avons fait connaître les résultats ont été dirigées par MM. Bourgeois et Chanay. Elles ont été jugées assez satisfaisantes pour que la Compagnie électrique du Nord ait demandé l'autorisation d'établir ce système sur le canal de la Sensée, entre le Bassin Rond d'Estrun, point de jonction avec l'Escaut, et Courchelettes, et de le substituer progressivement à la traction sur chaussée entre Courchelettes et Pont-à-Vendin, puis ultérieurement, si l'importance du trafic justifie cette modification, entre Pont-à-Vendin, Béthune et Don. Son exploitation s'étendra, quand ses installations seront complètes, entre Estrun et Béthune, sur 76 kilomètres de la grande ligne de navigation de l'Escaut à la Mer du Nord et 7 kilomètres d'embranchements.

Elle se prépare à établir le long de la voie navigable une ligne de transport d'énergie sous forme de courant triphasé à haut voltage. L'énergie serait prise à la station centrale de Pont-à-Vendin, où la Compagnie des Mines de Lens utilise les gaz de ses fours à coke.

Les 4 usines actuelles de Douai, Oignies (La Batterie), Bauvin et Beuvry, qui produisent l'énergie sous forme de courant continu à 500 volts, seraient aménagées en sous-stations de transformation du courant triphasé à 26.000 volts en courant continu à 550 volts, et deux autres sous-stations de transformation seraient établies sur le canal de la Sensée au Moulinel et à Hem-Lenglet.

Quand ces projets d'extension et de transformation seront réalisés, l'exploitation des canaux du Nord par traction électrique sur 83 kilomètres de longueur constituera un exemple véritablement intéressant à étudier, en raison du tonnage considérable à transporter (3.500.000 tonnes traversant la section de bout en bout), et de la perfection des procédés employés, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique.

La Société qui a pris cette initiative hardie ne jouit d'ailleurs d'aucun monopole ni privilège.

Régime des autorisations d'exploitation de la traction mécanique sur les canaux du Nord. — Jusqu'ici, l'exploitation de la traction électrique sur les canaux du Nord est encore dans le régime des autorisations de voirie, délivrées par les préfets des départements traversés. Des arrêtés préfectoraux ont autorisé la Compagnie électrique du Nord à exploiter à ses risques et périls le Service public de traction électrique des bateaux sur les canaux du Nord, et ont pris acte de l'engagement de cette société de ne jamais dépasser les tarifs maxima ci-après :

Remonte

Par tonne et par kilomètre :

Jauge possible	fr. 0.00175
Chargement effectif	0.00225
	<hr/>
	fr. 0.004

Descente

Par tonne et par kilomètre :

Jauge possible	fr. 0.0015
Chargement effectif	, 0.002
	<hr/>
	fr. 0.0035

la jauge possible étant comptée à l'enfoncement maximum de 1 m. 80. Il est d'ailleurs imposé à la Compagnie de tractionner sans aucune faveur et sans retard tous les bateaux qui le demanderont ; d'appliquer simultanément les mêmes prix aux bateaux qui se trouveront dans les mêmes conditions ; de soumettre les tarifs à l'homologation de l'Administration et de les afficher le long du canal huit jours au moins avant leur mise en vigueur.

La force motrice des usines, les lignes de transport de force et le nombre des engins de traction doivent être suffisants pour permettre à la Compagnie de tractionner à un moment donné le trafic maximum du canal correspondant à la capacité de débit des écluses, soit 5 à 6 bateaux de 300 tonnes à l'heure dans chaque sens.

Les arrêtés règlentent d'ailleurs les conditions techniques de l'exploitation et assujettissent toute modification des installations existantes ainsi que toute installation complémentaire à l'approbation des projets par l'Administration.

Les autorisations ne sont que provisoires, en attendant une concession, dont la demande est à l'instruction.

Cette concession sera accordée à la Compagnie par décret du Président de la République, et devra avoir une durée suffisante pour assurer l'amortissement et l'intérêt des capitaux engagés dans l'affaire; mais elle ne pourra, dans l'état actuel de la législation française, conférer à la Société qui en bénéficiera, le monopole de la traction des bateaux.

Concessions d'outillages de traction. — Au cours de la discussion de la loi sur l'outillage national, promulguée le 23 décembre 1903, qui a décidé l'exécution d'un certain nombre de voies navigables nouvelles et l'amélioration des canaux, des rivières et des ports maritimes, la Chambre des Députés avait reconnu que la liberté du halage, compatible avec une circulation peu active de la batellerie sur les voies de petite et de moyenne importance, conduit à une véritable impossibilité de l'exploitation sur les canaux du type français à deux voies de bateau, dès que la circulation dépasse une certaine limite.

Sur ces voies, où l'on n'a que la largeur nécessaire au croisement de deux bateaux, et qui sont parcourues par des courants commerciaux opposés très intenses, il devient matériellement impossible, au delà d'une certaine limite de fréquentation, d'assurer une circulation rapide et bien ordonnée quand la traction n'est pas organisée et monopolisée (1).

C'est ainsi que, sur les canaux du Nord, la traction électrique marche forcément à la vitesse très réduite des chevaux de halage avec lesquels elle est en concurrence.

Il peut donc y avoir un très important intérêt public à organiser un service de traction unique et obligatoire sur les voies navigables où la circulation dépasse une certaine limite.

Malheureusement, les articles 9, 10, 11, 12 du projet de loi, votés en première délibération par la Chambre des Députés, qui donnaient à l'Administration des Travaux Publics le droit *d'organiser la traction* sur toutes les voies existantes dont l'exploitation serait gênée par la liberté du halage, n'ont pas été maintenues par le Sénat.

Cette haute Assemblée a bien consenti à concéder le monopole de la traction sur les *voies navigables nouvelles* telles que le Canal du Nord, dont elle a voté la création, mais elle a admis qu'une loi spéciale à discuter ultérieurement en vue de régler les pouvoirs de police de l'Administration sur les voies navigables existantes, et de leur assurer une sanction pénale, pourrait donner à l'Etat le pouvoir d'organiser des monopoles de traction sur toutes les voies où les commodités de l'exploitation l'exigeraient.

En attendant cette loi, les canaux restent, comme les rivières naturelles, assimilés à des routes sur lesquelles chacun a le droit de circuler comme il l'entend, au risque de gêner l'exploitation.

Conclusions.

On peut retenir du rapport qui précède, les considérations suivantes, que je résumerai sous forme de conclusions :

1° Sur les *fleuves et rivières navigables à grande section*, le remorquage est à peu près exclusivement employé, et tend à remplacer le touage même sur les fleuves à fort courant comme le Rhône. Toutefois, les toueurs-remorqueurs système de Bovet

(1) Voir rapport de MM. LA RIVIÈRE et BOURGUIN sur l'application de la Mécanique à l'exploitation des voies navigables, 1900. (VIII^e Congrès de Navigation.)

offrent les avantages des deux modes de traction et continuent à donner toute satisfaction sur la Seine, entre Paris et Conflans.

2° Sur les *canaux de navigation intérieure à faible section*, du type des canaux français.

a) Le touage et le halage funiculaire sont employés avec un égal succès dans les *souterrains et sections rétrécies des biefs de partage*. L'électricité remplace avantageusement la vapeur dans les exploitations, en raison des propriétés des moteurs électriques, qui les rendent éminemment propres à assurer le démarrage progressif et la traction des bateaux, quelles que soient les conditions de charge et de vitesse imposées par les nécessités de l'exploitation.

Ils ont en outre le grand avantage de supprimer les inconvénients de la fumée dans les longs souterrains.

b) *En canal courant, les tracteurs électriques sur rails* offrent une supériorité marquée sur les *tracteurs sur berge* qui, cependant, ont fait leurs preuves dans une exploitation importante et de longue durée sur les canaux du Nord.

Le capital de premier établissement considérable que nécessite l'installation de la traction électrique sur rails ou sur berge ne rend d'ailleurs son adoption admissible, au point de vue industriel, que sur les voies à très fort trafic.

3° Il est à désirer que la législation française soit complétée à bref délai par une loi donnant à l'Etat les pouvoirs nécessaires pour organiser la traction mécanique sur les canaux où l'importance du trafic et les conditions d'établissement de la voie se concilient mal avec la liberté absolue du halage.

Lille, le 31 décembre 1904.

G. LA RIVIÈRE.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1903

1. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

RAPPORT

PAR

G. LA RIVIÈRE

PLANCHE I.

Fig. 3
Vue de face d'un tracteur

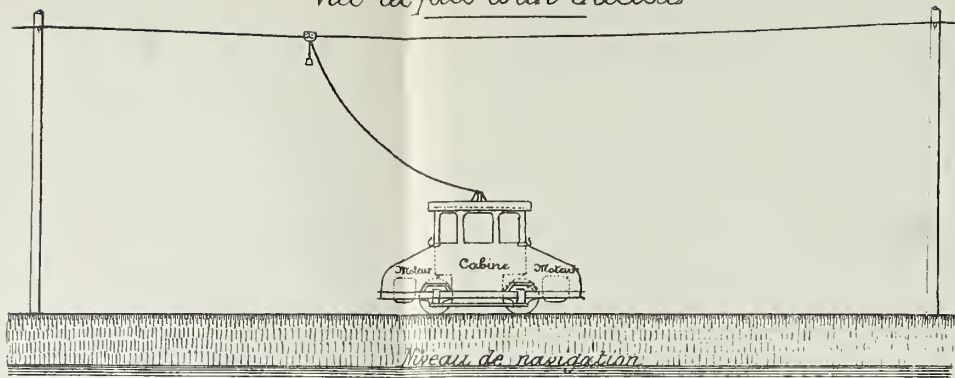
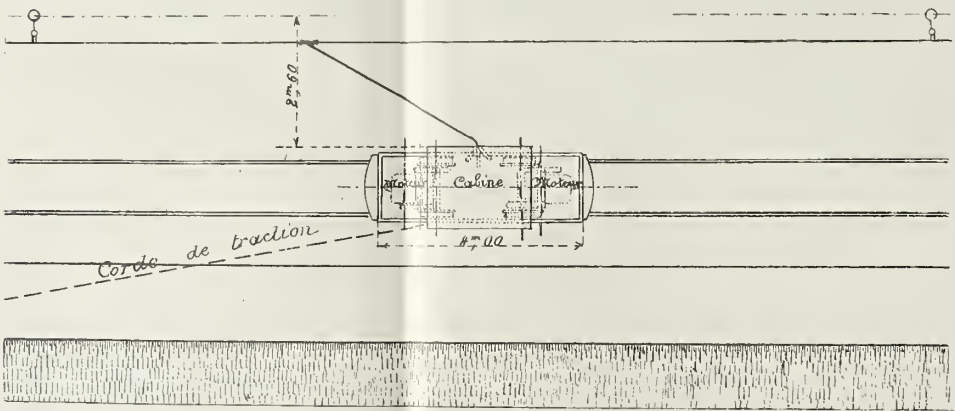


Fig. 4.
Plan



C^{ie} électrique du Nord - Halage par traction électrique

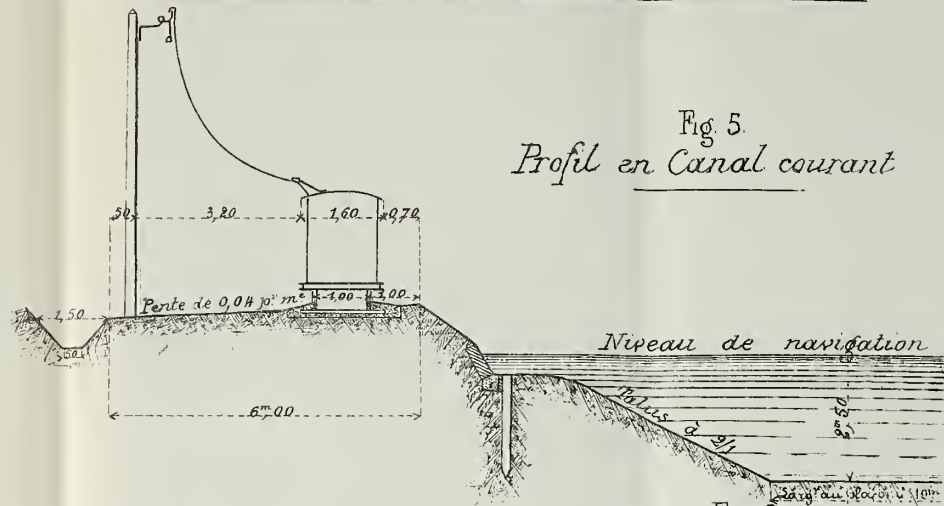


Fig. 5.
Profil en Canal courant

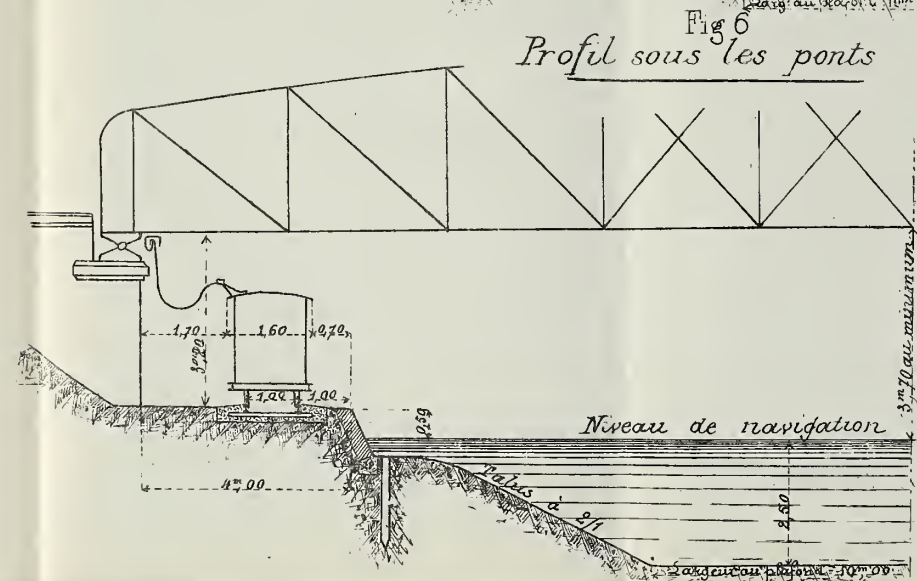


Fig 6
Profil sous les ponts

Fig 1
Tonnage kilométrique et
tonnage moyen de chargement
effectif, de 1900 à 1903 inclus.

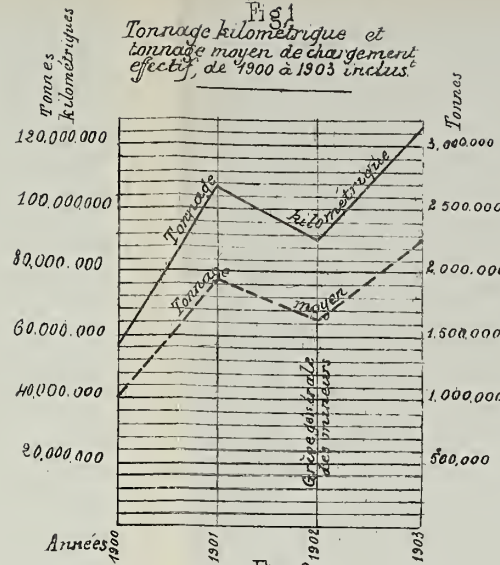
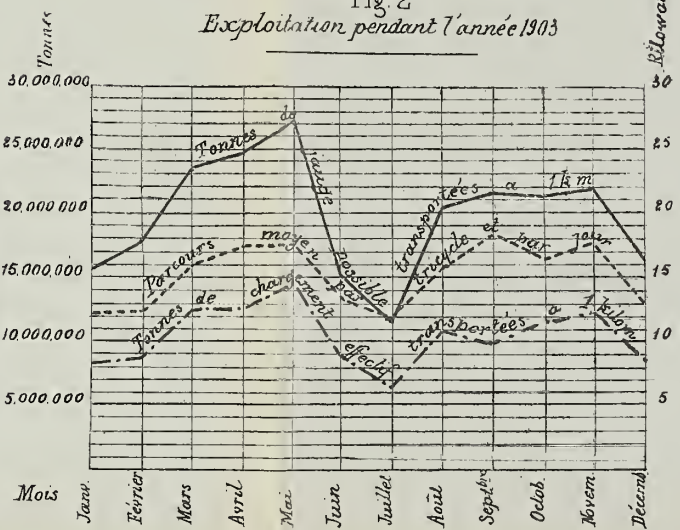


Fig. 2
Exploitation pendant l'année 1903



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1903

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

RAPPORT

PAR

G. LA RIVIÈRE

PLANCHE II.

Fig. 1.

Diagramme de l'entrée d'un bateau
de 290 tonnes
dans l'écluse Nord de la Deriv^{re} de la Scarpe

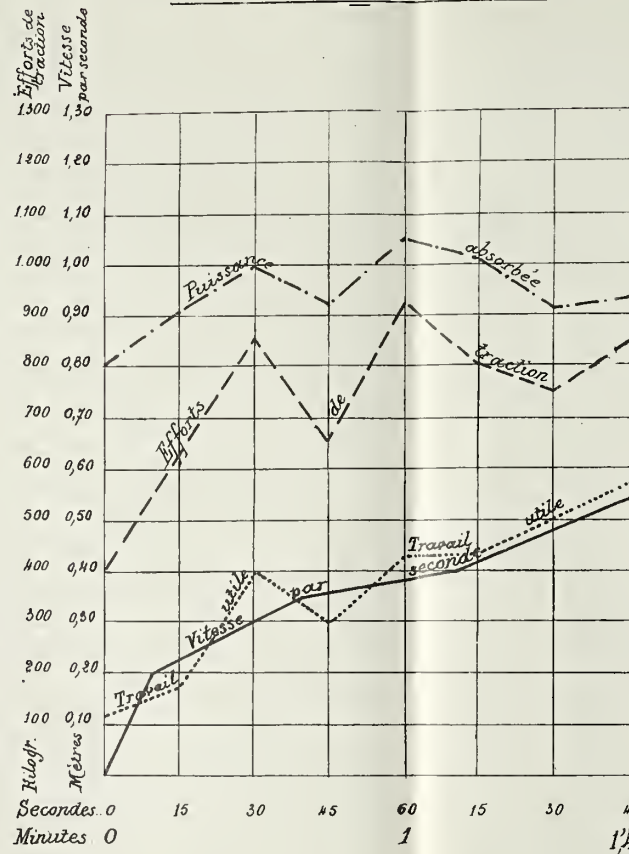


Fig. 2.

Diagramme de la sortie d'un bateau
de 290 tonnes
de l'écluse Nord de la Derivation de la Scarpe

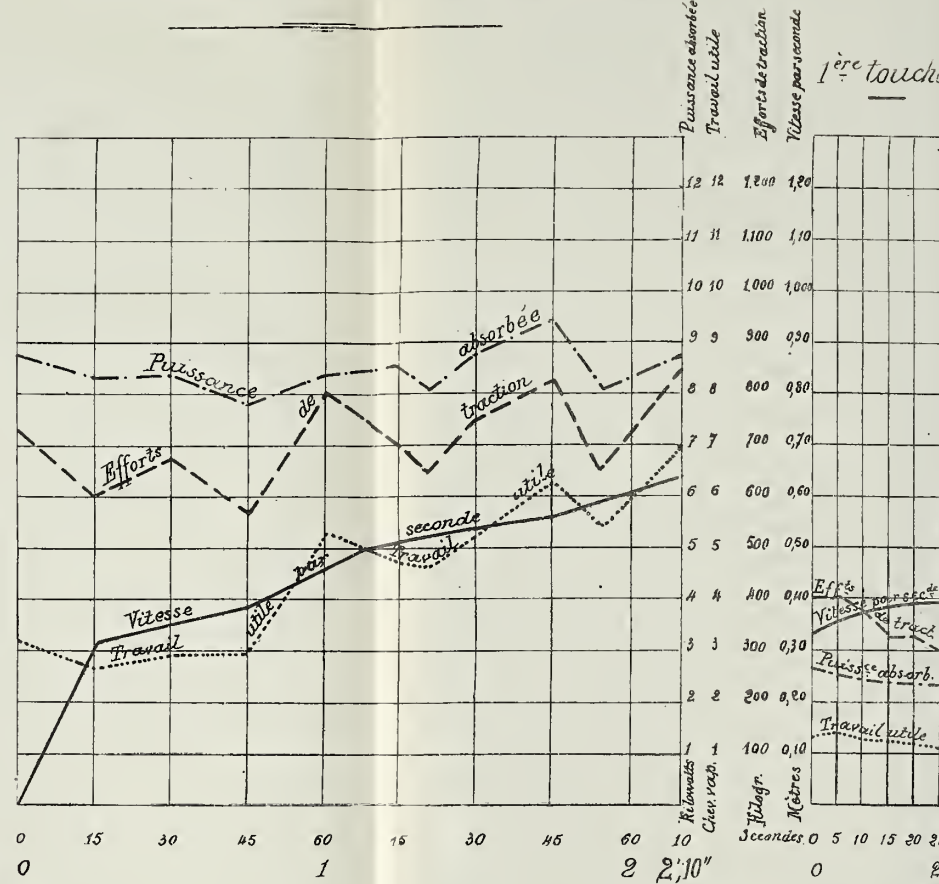
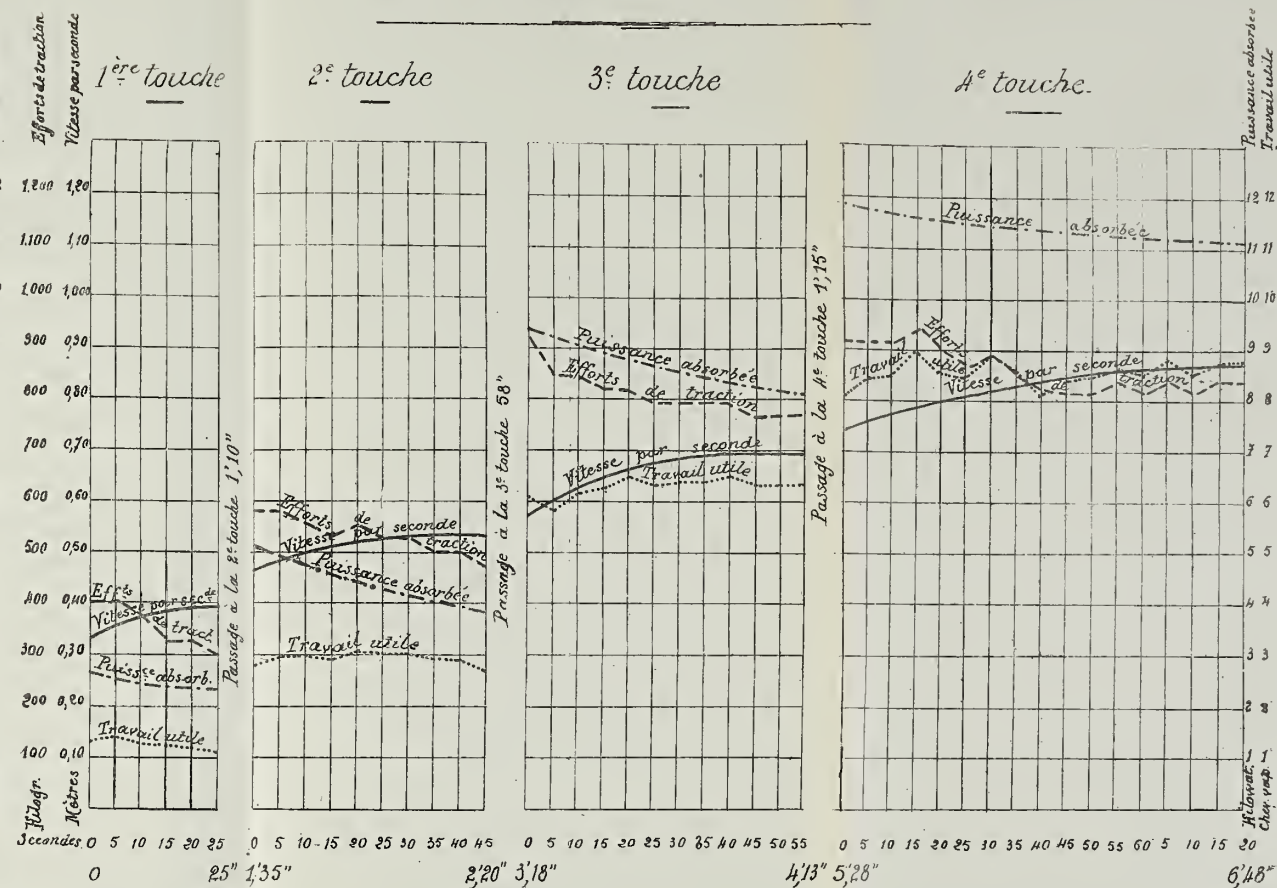


Fig. 3.

Diagramme de démarrage de trois bateaux
chargés de 290^T chacun
sur la Derivation de la Scarpe.







PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
2. Communication

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY

OF THE

Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

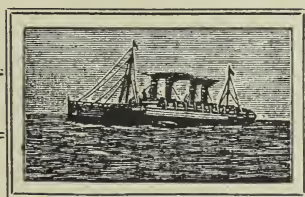
REPORT

BY

E. KÖTTGEN

Oberingenieur, Berlin

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS
PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

THE ELECTRIC TOWAGE OF VESSELS

REPORT

BY

M. E. KOTTGEN

Oberingenieur, Berlin

On the occasion of the Paris Navigation Congress of the year 1900, the Author of this paper handed in a report, in which he laid down the principles which are to be followed in the design of an electric system of navigation. The conclusion come to therein was, that the employment of small electric locomotives, which run on rails laid along the tow-path of the canal, was the most suitable solution of the problem. In accordance with this, an experimental trial was made by the Siemens & Halske A.-G. (1) on the Finow Canal. At the Navigation Congress of Düsseldorf in 1902 the Author, in conjunction with Regierungs- und Bauart Volkman, delivered a further report on the innovations proposed or carried out in the domain of electric towage. From this report, already, it was clear, that efforts were being mostly directed towards the use of locomotives running on rails. The same view was also held by Chief Engineer Mollard in his report (Düsseldorf 1902) on Electric Traction on the Northern Canals in France. The task has again fallen to the Author of this paper, to report to the Navigation Congress of the current year on the question of electric towage. Today it can positively be asserted, that the arrangement of an electric towing locomotive running on rails is the solution of the problem which is accepted on all sides as the most practicable.

In France, Germany, and America serious endeavours in the domain of electric ship-towage are to be recorded since the year 1902. In France the electric ship-towage arrangements on the Northern Canals near Lille, which have been have been at work for a considerable time, have, within the period mentioned, been greatly improved and extended. In America, experimen-

(1) A.-G., Actiengesellschaft, joint stock Company.

tal trials with a new system were instituted on the Erie Canal, and in Germany the trouble taken by the Directors of Construction of the Teltow Canal to establish an exclusive system of towage for their new waterway, has considerably advanced the question.

In the North of France, on the Aire and the Deule canals, an arrangement has existed for years, which worked with the so-called « electric horse of Galliot-Denèfle ». A similar arrangement was at work in Belgium on the canal from Charleroi to Brussels with electrically driven carriages of the same kind, running directly on the tow path, constructed on the Léon Gérard pattern. The last-named plant had to be laid off, however, because, owing to the comparative dearth of traffic, a good economical result was out of the question. M. Léon Gérard had already, however, come to the conclusion, that, unless rails were resorted to, the arrangement could not continue to work effectively, and expressed himself to this effect, so long ago as the year 1902, at the Düsseldorf Congress. At a later time in his literary treatment of the subject in « Glaser's Annalen », M. Gérard went so far as to declare, that the special arrangement of the Siemens & Halske A.-G., which had been duly tried at the Finow Canal, was impracticable. The peculiarity of the latter arrangement was understood by him to be, that by reason of the principal weight having to be borne by one rail only, the secondary wheels, which had to bear only a small part of the weight, were eventually to be allowed to run directly on the tow-path, so that the latter might remain free for horse traction. In reality the system of the Siemens & Halske A.-G. provides for two rails, since it was clear from the beginning, that it was better that the secondary wheels should run on a rail, however small, than that they should work directly on the ground. In accordance with this only 150 m. of the 1800 m. trial stretch along the Finow Canal was arranged without the second rail.

The company which works the electric towage service on the Northern Canals in France, has meanwhile entirely abandoned the three-wheeled appliance of Galliot-Denèfle, and provided the whole of their reaches with double rails and the corresponding locomotives. The reason for the change from railless traction appliances to rail-borne locomotives, was probably, in the first place, the circumstance that the tow-path itself and the machines were equally apt to become badly damaged or worn, on account of the irregular running. Further, a propor-

tionately greater power was required. Account must, however, be taken of the further circumstance, that in the driving of such railless engines, which are subject to an oblique pull from behind, special attention must be exercised by the attendant, while in the case of a rail-borne locomotive no such unusual care is necessary.

The experimental trials instituted in America, were conducted by the « International Towing and Power Company » over a stretch of 1 1/2 English miles in length on the Erie Canal with a plant on the Wood system.

Detailed particulars of these trials are to be found in « Electrical World » and « Engineer » of Nov'r 14th, 1903. The accompanying figures 1 to 3 illustrate the arrangement adopted.

Characteristic of the American trials are the high speeds of travelling of 4 1/2 English miles (equivalent to almost 7 1/2 km.) per hour, and the correspondingly high tension of the towropes and power of the locomotives. With the types of vessels here in question, the towing strains amounted to 3700 kg. and the powers of the locomotives to 135 H. P. These high towing strains and powers were apparently the bases on which the system was built up.

In principle it is, of course, altogether uneconomical to increase the speed to too high a degree upon canals. Not only do the towing-strains increase approximately as the squares, and the H. P. of the locomotives as the cubes of the speeds but bow waves and induced movements of the water occasioned by the high speeds, damage the banks and beds of the canals. It can only be assumed, that at the trials in America the desire was entertained, that the speed should be equal to that attained with freely moving trains of barges on the larger rivers.

The American Wood-system is in itself a locomotive system, but it has a special rail. The leading idea in the design of this rail was to substitute artificial adhesion produced by friction rollers for natural adhesion, in order that the weight of the locomotive might be reduced to a minimum.

As is shewn by Figs. 1 to 3, the locomotives for the trips in both directions are to run on the same side of the canal on high double-T shaped girders in each case mounted on a single row of pillars, which again are set in beton foundations let into the canal banks, i. e. into the tow path. It may be assumed, that the arrangement of a regular towage service with locomotives for journeys in both directions on the same side of a canal, will be attended in practice with great difficulties, since,

when trains of barges pass each other, entanglements of the hawsers and accidents to the vessels are very likely to ensue. To enable the towage service to be conducted without hitch, it will probably be necessary to arrange a rail for the locomotives to run upon, on each side of the canal.

The heavy rail of the Wood system, especially when it has to be laid on each side of the canal, raises the first cost of the arrangement very considerably. It must be borne in mind, that the Wood system entails the use of locomotives that are as heavy and probably quite as dear as those of any other system. Further the whole system of leads and the primary station remain the same as in any other locomotive system, because the motor-powers of the locomotives and the consumption of energy by these, will be the same. A difference, then, is to be found only in the cost of the rail and its maintenance. For towing locomotives of considerable power, i. e. of 30 to 40 H. P., the price of a normal pair of rails when laid complete, including points and other appurtenances, amounts to about M. 14,000 per km. of length of the canal, i. e. to about M. 28,000. The ironwork in connection with the Wood system must, however, be considerably dearer, and, in case a rail be laid on each bank, will probably amount to at least M. 50,000 per km. of length of the canal in addition. If both rails be laid on one bank, the additional cost will be at least M. 25,000. The cost of maintenance will also be higher, than in the case of ordinary rails, since the iron structure must be kept well painted.

In addition to this considerably higher first cost the system is attended with further drawbacks. The traffic across the canal, i. e. the passage from the tow-path to the vessel and back, is rendered extremely difficult by the high-lying rail. On the normal rails of an ordinary locomotive-way lowries for earth-transport, etc., can pass to and fro without hindrance. Further, the bridge spans must for the Wood system be wider, since the tow-path alongside the rail must remain free. It must further be taken into account, that the American locomotives require special arrangements, such as pressure rollers acted on by springs, to keep them to the rail, while ordinary rail-borne locomotives are provided only with the old structural details familiar to us in connection with railway work such as sets of wheels, axles, springs, &c., of standard patterns.

The upshot of all this is, that it is more advantageous for the towing service to make use of normal rail-borne locomotives, which are adapted in their details to towing requirements.

It was thus significant, that on the occasion of the international prize-competition instituted by the Directors of construction of the Teltow Canal, in 1903, in order to obtain proposals for the arrangement of the monopolised towage on this waterway, all the designs to which prizes were awarded included the employment of locomotives running on pairs of rails. The first prize was obtained by a design of the Siemens & Halske A.-G., which proposed the locomotive tried at the Finow Canal, in connection with a hand-appliance for winding up and raising the ropes. The second prize was awarded to the Feldmann locomotive. (See report, Düsseldorf, 1902), and the third prize to the Rudolf System, which was put forward by the Nordische Tauerei Gesellschaft Ltd. This system, it may be observed, is very like the Wood system, in that it provides for locomotives which move ahead by the help of friction rollers artificially pressed against a special rail. The pressure thereby is proportional to the pull on the tow-rope. Experiments with this system have indeed been made on a small scale, but it would appear that the great difficulty attending the carrying out of the design has in this case also been recognized, since the use of the patents in connection with it have been discontinued by the Nordische Tauerei-Gesellschaft. In connection with the competition two further designs of locomotives have been bought up — those of Vering (See report, Düsseldorf, 1902) and Fellenberg — because these contain advantageous details.

The Directors of Construction of the Teltow Canal did not, however, decide without further ado to accept one of the proposed systems, but recognized the necessity of advancing the general question by further practical experiments on the already completed canal. The trials were not confined to one locomotive but extended to a screw boat driven by electricity, which could draw its power, either from a cable above it, or from accumulators which it carried with it. The trials with the electric boat were also instituted for the further reason that parts of the canal pass through lakes, on which locomotives cannot be applied.

The boat used during the experiments, which was built by the Siemens-Schuckert Works, is illustrated in Figs. 4 and 5. For taking current from the main cable two different arrangements were tried. The first was that on the Lombard-Gérin system, in which a small contact-carriage driven by a three-phase motor runs at the same rate as the motor which drives the screw, or rather runs in front of the boat. This was first

made use of for driving railless omnibusses. The second system tried was one in which two 10-metre contact rods were present with springs against the contact wires.

The boat had three screws, each of which was driven by a special motor. In spite of the low speed the efficiency of the screw was relatively very good, but, as is naturally the case with such screws, it was still a very low one. The arrangement of three screws lying side by side, which produced a comparatively broad but very shallow backward-stream of water from the screws, has considerably reduced the wave-formation. The means employed in connection with each system for taking up current, answered its purpose well. In spite of all that has been adduced, however, the results of the electric boat service must be looked upon as unsatisfactory, since, by reason of the poor efficiency of the screw, the consumption of energy was disproportionately high. The screw boat uses quite three times as much energy as the electric locomotive. Also the wave-motion and other movements of the water inseparable from the use of screws and the consequent damage done to the banks and bed of the canal, remain to be reckoned with.

The experiments with the electric locomotive were very thoroughly and carefully carried out. Regierungsbaumeister Block, who conducted the trials, gave an exhaustive report on them in « Glaser's Annalen », Berlin, 1904, Nos. 642 and 645.

The plan of the ground on which the trials were carried out, is given in Fig. 6. The trial reach began at the Griebnitzsee, passed through 4 bridges occurring at short intervals, and then ended just short of the 5th bridge. Its length was not quite 2 km. The locomotive which was designed and built by the Siemens-Schuckert Works, Berlin, with the help of the Directors of Construction of the Teltow Canal, and the details of which were worked out by Chief Engineer Dr Georg Meyer and Engineer Carl Muck, is illustrated in Figs. 7 and 8. As may be seen from the illustrations, the whole arrangement of the locomotive differs considerably from those of the previous productions of the Siemens & Halske A.-G., which are described in the reports made at Paris in 1900 and at Düsseldorf in 1902. Above all the locomotive was, at the instance of the Chairman of the Directors of Construction of the Teltow-Canal, Baurat Havestadt, built unsymmetrically to the direction of motion, since it was found, that the requirement that the locomotive should tow in both directions, could be given up. By means of the unsymmetrical construction, i. e. by the arrangement of

the principal weight on the fore turntable, each of the two axes of which is driven by a separate motor, it proved possible very considerably to increase the stability of the locomotive. It may be observed, moreover, that the locomotive has also an uneven distribution of weight in the direction athwart the rails, as was the case in the early system of construction of the Siemens & Halske A.-G., and this effected in such a manner, that the rail farthest away from the water has to bear the larger portion of the weight. The object of this arrangement is the increase of the stability of the locomotive in regard to the forces acting in the direction athwart the rails.

The increase of stability in the direction of motion was made a point of, principally for the reason that, in view of the considerable amount of loading and discharging on the Teltow Canal which leads close past Berlin, the possibility of the tow-rope being attached at a point at as considerable a height above the upper edges of the rails, as would be necessary in the passing of barges fitted with erections, which might be lying at the bank, was considered to be essential. The illustrations in Figs. 7 and 8 clearly shew this high position of the tow-rope. In addition to this rope-raising arrangement the locomotive has an appliance for winding up ropes, an arrangement which was first made use of by Léon Gérard in his rail less traction engines on the Brussels-Charleroi Canal. The rope-winding appliance, as well as the rope-raising one, are, in the Teltow Canal locomotive driven by small electromotors, so that the driver has the means of at any time varying the length of the rope and the height of its point of attachment with the necessary rapidity. This is necessary, if the condition is to be fulfilled, that the rope shall never, even during difficult manoeuvres, be without tension, i. e. that it shall never hang in a bight. The mast for the rope-raising appliance is, moreover, so constructed, that the rope can be attached at a point 3.75 m. above the top of the rails.

In order to afford protection to the driver of the locomotive against wind and weather, he has further been provided with a covered driving platform.

The experimental trials instituted with this locomotive, were highly satisfactory. Illustration No. 9 shews a towing train going at full speed, and No. 10 a towing train as it appears when the lifting appliance is raised and the tow rope is being led over a barge lying at the bank. The starting was accomplished evenly and without shock, and also during the process

of towing the application of the power always took place evenly. The stability proved entirely satisfactory, even during the exertion of the maximum towing power and when the point of attachment of the rope was at its highest. Moreover the pull of the tow rope causes a certain easing of the fore turn-table, so that, before it could upset, a slipping of the driving wheels would take place.

In view of this good result the Directors of Construction have placed the contract for the carrying out of the ship-towing arrangements for the whole of the Teltow-Canal in the hands of the Siemens-Schuckert Works. The course of the Teltow-Canal is to be seen in Fig. 11. Its length is 37 km. The Electric Central Station is erected in the vicinity of the town of Teltow, and supplies direct current of 600 volts, which is used directly in the working of the locomotives, and three-phase current of 6000 volts, which is converted into direct current in a substation near Brietz. The latter is for the work of the locomotives in the first place, but is also used for the many workshops, for the loading and discharging places, for lighting purposes, and for the working of the locks. The number of locomotives at first considered necessary was 22. The whole plant will be completed in the course of the Summer of 1905 and is to be set to work in the Autumn.

In view of the extensive canals, the construction of which it contemplates, the Prussian Government has already betimes begun to study the problem of electric ship-towage, and has also watched with interest the course of the trials on the Teltow Canal. In accordance with the system worked out for the latter the Siemens Schuckert Works have handed in a design for the new canals of the Prussian Government, and the following table gives a few leading particulars of it, especially in regard to the costs of installation and maintenance. It may be premised that the Prussian canals are designed for vessels of 600 tons normal and 750 tons maximum carrying capacity.

An electric service can only be carried out to perfection when it is consistently managed. Further the relatively large amount of capital invested in it, makes it necessary, that all the vessels which use the canal avail themselves of this system of towage, that is to say, that a monopoly be given to those who work the electric ship towage. Further, influence must be brought to bear by the Government Department on the tariffs for the exercise of the towage service, unless the State itself choose to conduct the latter. The Teltow Kreis proposes, in

point of fact, to do this. For the new Prussian Canals, also, the same thing has been suggested, so that at the present moment the question of the monopoly of towage plays an important political part in the discussions on these waterways. For, if the State has control over the fixing of the tariff, it is in a position to exercise influence on the charges for the carrying of goods on the canal — can in fact by the provisions of the tariff promote economical displacements, for instance with reference to railway traffic.

COURSE	TRAFFIC IN THE BEGINNING			TRAFFIC FURTHER DEVELOPED		
	Total annual Traffic in tons	First cost of Plant in Marks per kilometer of the Length of the Canal.	Working Expenses, including interest and Redemption charges, in pfennigs per available ton per kilometer.	Total annual Traffic in tons	First cost of Plant in Marks per kilometer of the Length of the Canal.	Working Expenses, including interest and Redemption charges, in pfennigs per available ton per kilometer.
Rhine-Herne (39 km) .	4,000,000	73,000	0.276	10,000,000	88,700	0.163
Herne-Bewerger (102 km)	4,000,000	66,200	0.240	10,000,000	78,400	0.144
Bewerger-Hannover (143 km)	3,000,000	60,200	0.253	6,000,000	79,700	0.195

What importance the Commission of the House of Representatives appointed for the discussion of the Prussian Canals attributes to the towage-monopoly, i. e. to the electric towage service, is to be seen from the declarations on the point contained in the report of the said Commission made by the Member of the House Dr. am Zehnhoff. These run as follows : —

« As the figures for the « cost of working per effective ton-kilometre » show, the latter amount to about 1/4 Pfg., for the traffic in the beginning, while for the more developed traffic they sink below 1/5 pfg. even down to 1/6 pfg. According to this the cost of electric towage would, for the traffic at the outset, be somewhat higher than that performed by tug-steamers, while for an increasing volume of traffic the costs for the two systems would become about equal. The nett costs of working of railways are unquestionably considerably higher.

« The electric working of the canal, however, has not only the

advantage of cheaper propulsion of the vessels. Side by side with this, it has indirect advantages as well.

« In the first line, attention may be directed to the circumstance, that when the wave formation and other movements of the water due to the action of the screws are done away with, the banks and bed of the canal are preserved from damage, in consequence of which the current expenses of maintenance are considerably lighter. In the estimate of probable expenditure and receipts the last-mentioned circumstance can be taken into account. For vessels to steam at speeds higher than 5 km. per hour in a canal, is almost impracticable, on account of the very considerable depressions caused by the bow-wave and the resulting erosion of the banks. In the case of towage by locomotives an increase of the speed can be made without hesitation ; even beyond 6 km. per hour, as the trials conducted on the Teltow Canal in presence of the Members of the Canal Commission of the House of Representatives have shown.

« The presence of the electric leads along the whole length of the canal also enables, in the simplest manner possible, an unbroken line of lights to be fitted throughout. For work that may have to be done at nights or for overtime extending into the evenings this is absolutely necessary. On the North Sea Canal it has become necessary to establish a very costly system of lighting for the same purpose.

The electric leads running along the canal, further render possible the giving off of energy for power and lighting purposes at any point on the way, by means of branches which may extend from 5 to 10 km. into the country. The presence of readily obtainable electric energy is especially convenient for the many discharging and loading appliances, cranes, &c., which are erected beside the canal. The institution of works and other industrial undertakings is also thereby facilitated.

* The introduction of the electric service, which in any case entails a considerable capital outlay, is only possible under a monopoly, such as the Teltow Circuit has indeed obtained for the Teltow Canal. If, however, the monopoly be once introduced, order will reign — and in this lies a very great indirect advantage — in the working of the service similar to that obtaining on the railways. The manager of the service is then constrained to take care, that sufficient towing appliances are always at hand to forward all vessels that may present themselves, even on days when the traffic is at its briskest, and this without any increase of the fixed rates. The state of things

now often recurring, in which, in the case of many vessels coming at once, the shipmasters either are unable to obtain towage facilities or have to pay increased prices for them, will then come to an end. The service will then be arranged on a definite plan, and the course of the canal will be divided into about from 8 to 10 locomotive-ranges. All the working centres are connected with each other by telephone or telegraph, so that arrangements can always be made to have a towing locomotive ready at any station where it may be required. By this organisation of the work it is made possible to estimate beforehand, how long the passage through a particular stretch or through the whole canal will take, and the senders of goods are enabled to give definite times for their delivery. The introduction of the electric towage monopoly would then certainly have the result, that transport consignments would fall to the water-ways in a much greater degree, than is the case at present.

« It may without hesitation be asserted, that the canal from Bevergern to Hanover would adapt itself admirably to the introduction of electric towage ; whether this would also be the case with the Canal from Herne to the Rhine is, in view of the harbour and industrial works which may be expected to spring up along its whole course, in the meantime doubtful. Since the conditions on the Teltow Canal are similar, it will be necessary to wait and see, what success may be attained on the latter, before a definite opinion can be formed.

« If the working of the canals were reserved to the State, further important advantages would ensue. It is not much to assert, that the canal question would in such case assume quite another complexion.

« In the first place, the canal and towage dues could (as in the case of the rail and transport dues on the railway) be collected at the same time — a simplification which would be agreeable to the consigners. Of still more importance to the latter would be the circumstance, that they would obtain fixed rates and fixed times of delivery. It would then be possible to bring the freights for ship and railway carriage into healthy relation to each other, and to enable the consigners of goods by rail to share in the advantage of the cheapening of the transport on the water-ways. The benefit of cheapened transportation would thus accrue in greater degree to the whole community. The competition between the railways and the shipping services, which at present so often makes itself unpleasantly felt, would be considerably lessened. Also the official fusion of the canal

and railway services would become more easy. Finally comes the following consideration : —

« By means of a wise policy in regard to railway freights the State works as a regulator of the general economical conditions of life ; if it also has the working of the waterways in its hands, it can prevent its rate-policy from being interfered with to the general disadvantage of national economical interests. The future must shew, whether an extension of the sphere of working of the State to other artificial or even natural waterways is desirable. »

E. KÖTTGEN.



PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

- I. Section : Inland Navigation**
2. Communication
-

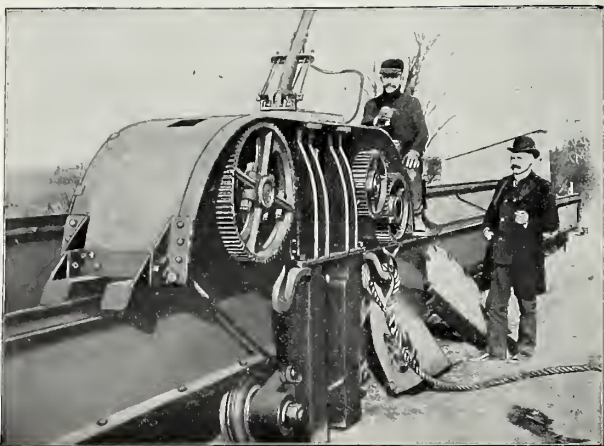
REPORT
BY
C. KOTTGEN

PLATE I.

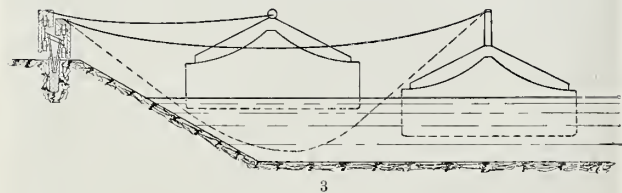
and railway services would become more easy. Finally comes the following consideration : —

« By means of a wise policy in regard to railway freights the State works as a regulator of the general economical conditions of life ; if it also has the working of the waterways in its hands, it can prevent its rate-policy from being interfered with to the general disadvantage of national economical interests. The future must shew, whether an extension of the sphere of working of the State to other artificial or even natural waterways is desirable. »

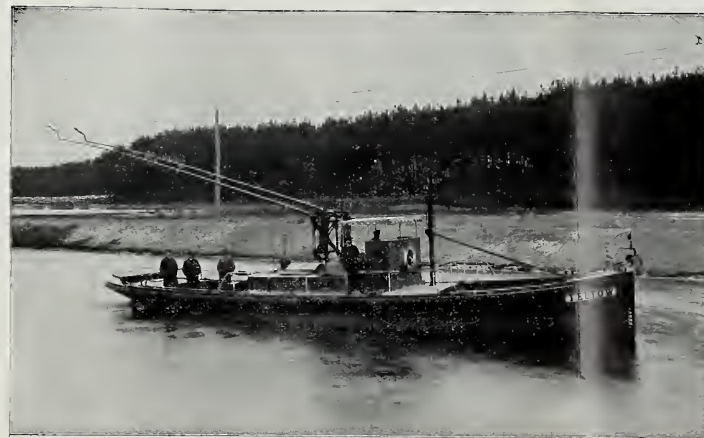
E. KÖTTGEN.



1



3



5



2



8



4



PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION

OF

NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1903

1 Section : Inland Navigation

2. Communication

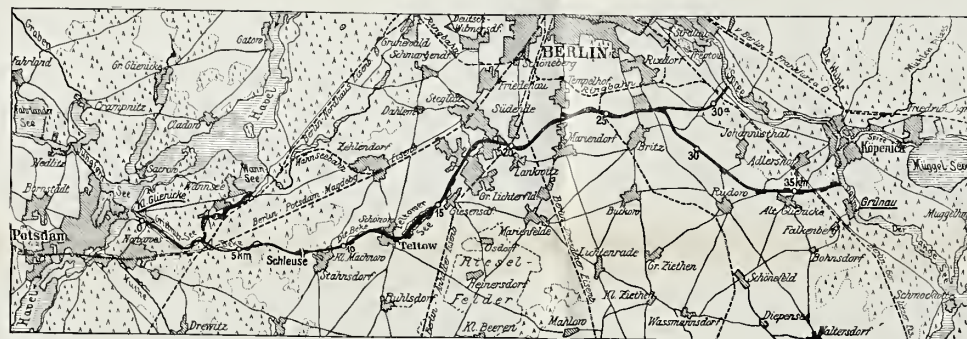
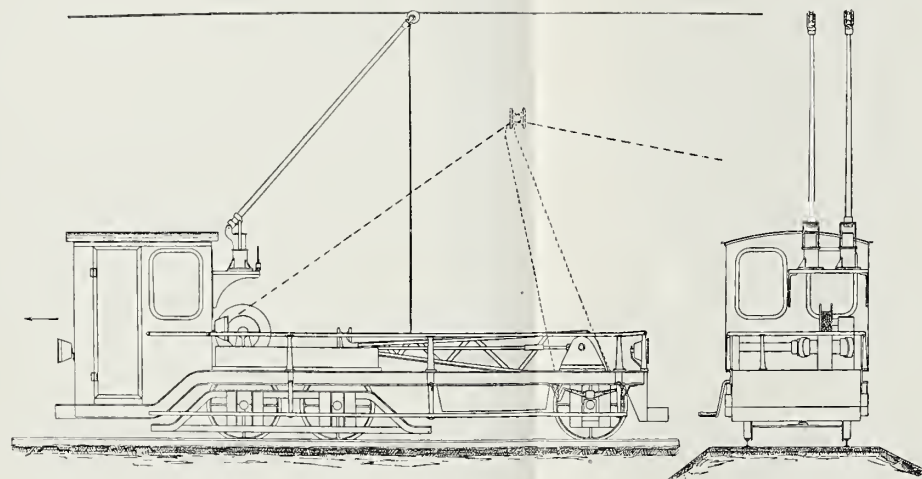
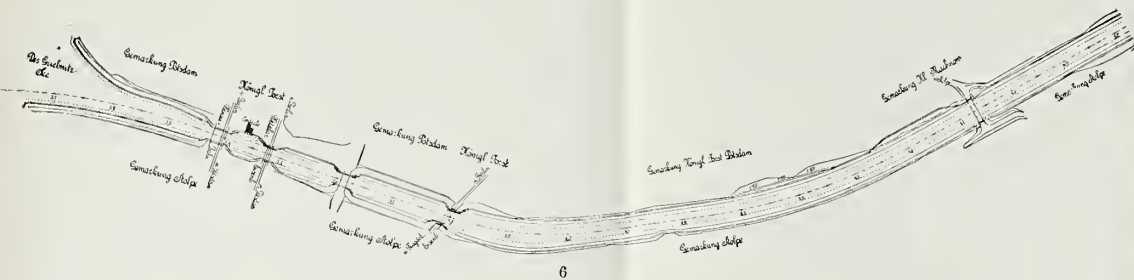
REPORT

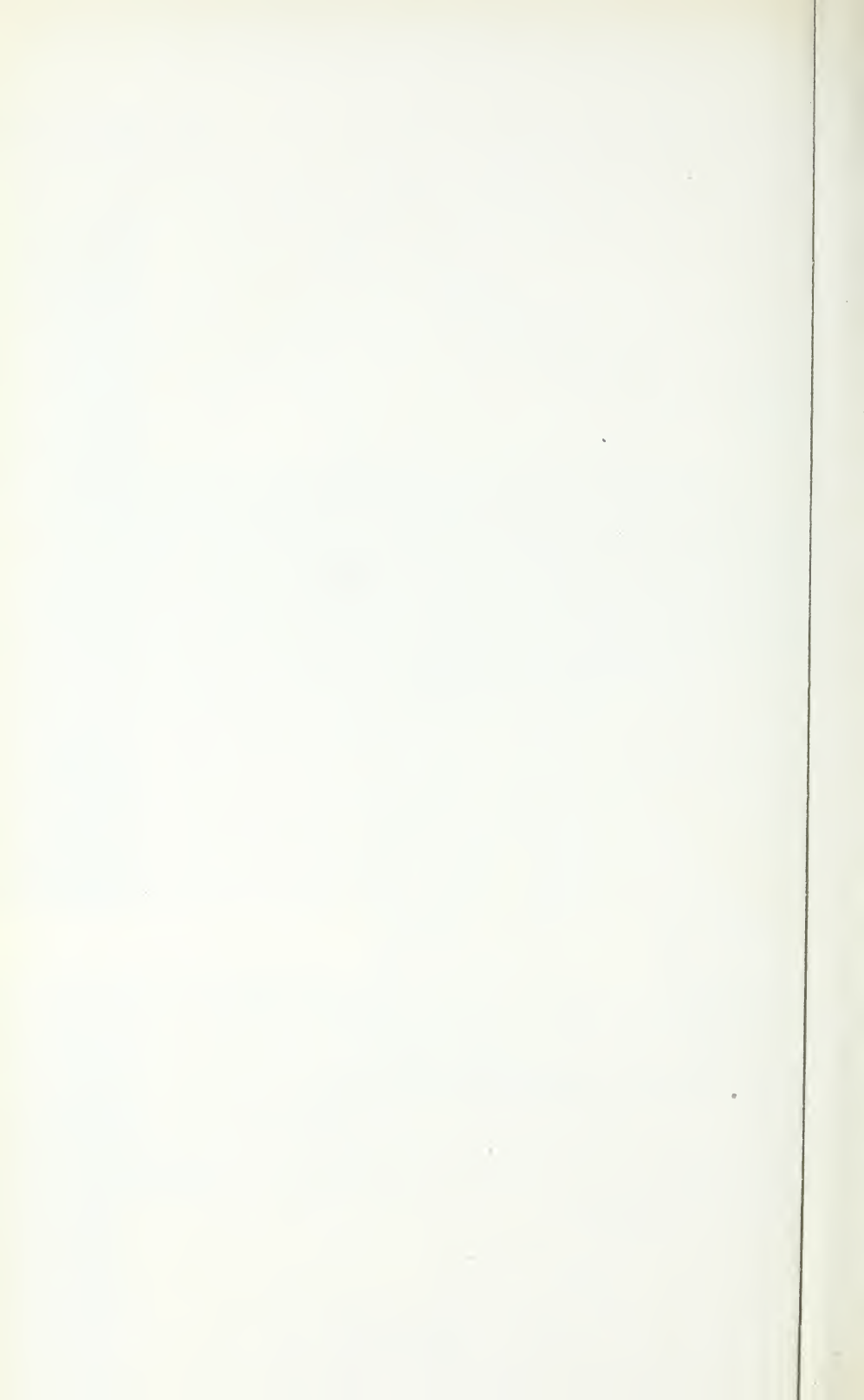
BY

C. KOTTGEN

PLATE II.









ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

Traction mécanique des Bateaux sur les Fleuves, les Canaux et les Lacs

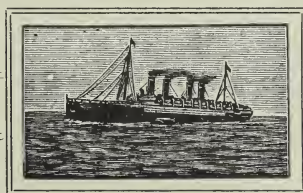
RAPPORT

PAR

C. KÖTTGEN

Ingénieur en chef, à Berlin.

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

LE HALAGE ÉLECTRIQUE

RAPPORT

PAR

M. C. KÖTTGEN

Ingénieur en Chef à Berlin

Au Congrès de Navigation de Paris, en 1900, l'auteur déposa un rapport, dans lequel il émettait les principes à observer dans l'établissement d'un système de halage électrique. Ce rapport conduisait à cette conclusion, que de petites locomotives électriques circulant le long du canal sur une voie construite sur le chemin de halage constituent la meilleure solution. Une voie d'essai avait aussi été établie, dans cet ordre d'idées, au canal de Finow, par la Société anonyme Siemens & Halske. Au Congrès de Navigation de Dusseldorf, en 1902, l'auteur, en collaboration avec M. Volkmann, Regierungs- und Baurat, étendit son rapport aux innovations qui, dans le domaine du halage électrique, avaient été proposées ou réalisées. On pouvait déjà conclure de ce rapport que dans la plupart des cas, on tendait à préconiser l'emploi de locomotives roulant sur des rails. M. l'ingénieur en chef Mollard émit aussi le même avis dans son rapport (Dusseldorf 1902), au sujet de la traction électrique sur les canaux du Nord de la France. La mission incombe de nouveau à l'auteur de présenter, au Congrès de Navigation de cette année, un rapport sur la question du halage électrique. On peut aujourd'hui prétendre avec certitude que la locomotive de halage circulant sur rails constitue la solution reconnue partout comme étant la plus avantageuse.

De sérieux efforts ont été accomplis depuis 1902 dans le domaine du halage électrique, aussi bien en France et aux Etats-Unis, qu'en Allemagne. En France, des installations de halage électrique sont en exploitation depuis longtemps déjà sur les canaux du Nord, aux environs de Lille, lesquelles installations ont été dans l'intervalle considérablement améliorées et développées. Aux Etats-Unis, des essais relatifs à un nouveau système ont été effectuées au canal Erié ; et en Allemagne, les efforts de la Direction technique du Canal de Teltow, en vue de

la création d'un système de halage monopolisé, ont fait faire un pas important à la question.

Dans le nord de la France, au Canal de l'Aire et de la Deule, une installation du système « Cheval électrique » de Galliot-Denèfle est en exploitation depuis des années. En Belgique, au canal de Charleroi à Bruxelles, une installation similaire fut mise en exploitation, au moyen de tracteurs électriques analogues du système Léon Gérard, tracteurs circulant sur le chemin de halage sans interposition de rails. Toutefois, on dut abandonner cette exploitation, parce qu'on ne pouvait compter sur un revenu convenable, à cause du trafic insuffisant. Mais M. Léon Gérard avait déjà prévu que, sans emploi de rails, l'exploitation, avec le temps, n'aurait pu se poursuivre, et en conséquence il soutint ce principe au Congrès de Dusseldorf, en 1902. Ultérieurement, dans un mémoire de forme très littéraire, paru dans les *Glaser's Annalen*, M. Gérard alla même jusqu'à prétendre irréalisable l'application spéciale du système de la Société anonyme Siemens & Halske, système essayé au canal de Finow, et dans lequel, la charge principale étant supportée par un rail principal, on avait prévu la circulation éventuelle des roues auxiliaires peu chargées directement sur le chemin de halage, ceci également dans le but de laisser ce chemin suffisamment libre pour permettre encore le passage des chevaux. En réalité, le système de la Société anonyme Siemens & Halske prévoyait l'emploi de deux rails, car il était évident, *à priori*, que le passage des roues sur un rail, même de faible dimension, est préférable en tout cas à la circulation directe sur le sol. Dans cet ordre d'idées, sur la longueur de 1,800 mètres de la voie d'essai du canal de Finow, 150 mètres seulement furent établis sans deuxième rail.

Dans l'intervalle, la Société de halage électrique sur les canaux français du Nord, a complètement abandonné le système Galliot-Denèfle à trois roues, et a pourvu tout son réseau de voies à deux rails et de locomotives appropriées. La principale raison de l'abandon des tracteurs sans voie ferrée, pour les locomotives sur rails, était que le chemin de halage, aussi bien que les tracteurs, subissaient, par suite de la marche irrégulière, de fortes détériorations et usures. L'effort à développer était aussi notablement supérieur. En outre, il faut encore tenir compte de ce que la direction de semblables tracteurs sans rails, halant un convoi qui produit une réaction oblique, exige une attention toute spéciale de la part du conducteur, tandis que pareille attention n'est pas nécessaire avec des locomotives sur rails.

Les essais effectués aux Etats-Unis furent conduits par la *International Towing and Power Company*, qui appliqua au canal Erié le système Wood, sur une voie d'épreuve dont la longueur atteignait environ 1 1/2 mille anglais. Des données précises sur ces essais sont fournies dans le *Electrical World and Engineer*, 14 novembre 1903. Les figures ci-annexées n^{os} 1-3 expliquent les dispositions adoptées.

La caractéristique des essais américains consiste dans les grandes vitesses de marche, atteignant 4 1/2 milles anglais, ou environ 7 1/2 kilomètres à l'heure, et conséquemment les efforts de traction élevés et le grand travail effectué par les locomotives. Les efforts de traction atteignent, en vue des types de bateaux actuellement à l'étude, 3,700 kg., et la puissance utile des locomotives jusqu'à 135 chevaux. Ces efforts de traction et ces effets utiles considérables semblaient conclure en faveur du système.

En réalité, il n'est pas rationnel d'élever à ce point les vitesses de circulation dans les canaux. Non seulement les efforts de traction varient proportionnellement au carré, et les puissances à développer par les locomotives proportionnellement au cube de la vitesse, mais encore les remous résultant de ces grandes vitesses endommagent les talus et le plafond du canal.

En principe, le système américain « Wood », est également basé sur l'emploi d'une locomotive, mais avec un rail spécial. L'idée qui conduisit à la construction de ce profil de rail était d'utiliser l'adhérence naturelle, à laquelle on suppléait artificiellement à l'aide de rouleaux compresseurs pour ne pas devoir exagérer le poids de la locomotive.

Comme les figures 1-3 le montrent, les locomotives prévues circulent, pour les deux sens de halage, d'un même côté du canal, sur de hauts longerons en double T, rendus solidaires de poteaux en fer, lesquels sont ancrés à l'aide de fondations en béton dans le talus du canal ou dans le chemin de halage.

L'organisation d'une exploitation régulière de halage dans les deux sens à l'aide de locomotives circulant sur la même rive du canal pourrait en pratique présenter de grandes difficultés, car le croisement de deux trains de bateaux peut très aisément produire l'emmêlement des cincenelles, et causer des avaries. Pour que le service du halage s'effectue sans accroc, il serait nécessaire d'installer, de chaque côté du canal, une voie pour les locomotives.

L'importance de la voie, dans le système Wood, élève les frais d'installation dans une très notable mesure, surtout si l'on doit établir une voie de chaque côté du canal. Il faut songer

que le système Wood exige des locomotives aussi lourdes et aussi chères que tout autre système basé sur l'emploi de locomotives, et que toute l'installation, ainsi que la station primaire, restent les mêmes, puisque la puissance des moteurs des locomotives et la dépense d'énergie ne varient pas d'un système à l'autre. La seule différence qui subsiste donc, consiste dans les frais d'installation et d'entretien de la voie. Déjà, pour des locomotives de halage relativement puissantes, de 30 à 40 chevaux de force, une voie ferrée normale revient, complètement achevée et y compris les aiguilles et autres accessoires, à environ 14,000 marks le kilomètre, c'est-à-dire 28,000 marks par kilomètre courant de canal. La construction en fer du système Wood reviendrait notablement plus cher, et coûterait au moins 50,000 marks de plus, quand chaque rive comporte une voie, et au moins 25,000 marks de plus, quand les deux voies sont établies d'un même côté du canal. Les frais d'entretien seraient également plus élevés que pour une voie normale, car les constructions en fer doivent être maintenues continuellement en bon état.

En dehors des frais d'installation beaucoup plus considérables, ce système offre encore d'autres désavantages. La circulation dans le sens transversal au canal, c'est-à-dire la circulation du chemin de halage au bateau et vice-versa, sera rendue beaucoup plus difficile à cause de l'élévation de la voie. Sur la voie normale d'un chemin de fer ordinaire, les « lowries » pour le transport des terres, etc., peuvent circuler tels que. L'ouverture des ponts augmente aussi dans le système Wood, car le chemin de halage doit rester libre à côté de la voie. Il faut de plus prendre en considération que les locomotives américaines exigent des organes spéciaux, par exemple les rouleaux compresseurs à ressort servant à augmenter l'adhérence, tandis que les locomotives normales ne comportent que des éléments longtemps éprouvés, bien connus par l'exploitation des chemins de fer, tels que des essieux normaux, des coussinets et des boîtes à graisse normaux, des ressorts normaux, etc. De tout ceci résulte qu'il est plus avantageux d'employer pour le halage des locomotives normales sur rails, lesquelles répondent dans leurs détails aux conditions de ce halage. Il est d'ailleurs significatif que, dans le concours organisé en 1903 par la Direction technique du canal de Teltow, concours pour l'obtention de projets concernant l'organisation du halage monopolisé sur le dit canal, ne furent primés que des projets comportant des locomotives circulant sur une voie à deux rails. Le premier prix fut décerné à la Société anonyme Siemens & Halske, qui présentait le type

de locomotive essayé au canal de Finow, mais complété par un dispositif d'enroulement et de relèvement de la cincenelle, lequel dispositif était actionné à la main. Le deuxième prix fut décerné à la locomotive « Feldmann » (voir le rapport, Dusseldorf, 1902), et le troisième prix au système « Rudolf », propriété de la *Nordischen Tauerei-Gesellschaft m. b. H.* Ce système se rapproche beaucoup du système Wood, en ce qu'il prévoit également l'emploi de locomotives dont l'avancement s'opère, au moyen de rouleaux compresseurs, sur une voie d'un type spécial. La pression exercée est proportionnelle à l'effort de traction. Des expériences ont été faites en petit au moyen de ce système, et l'on aura probablement reconnu que l'application en était difficile, car on a renoncé à l'exploitation du brevet de la *Nordischen Tauerei-Gesellschaft*. Au même concours fut encore faite l'acquisition de deux projets de locomotives, l'un de Vering (voir rapport, Dusseldorf, 1902) et l'autre de Fellenberg, lesquels projets offraient quelques particularités pratiques.

La Direction du canal de Teltow n'arrêta pas aussitôt le choix d'un des systèmes primés, mais reconnut, au contraire, la nécessité d'élucider la question par de nouveaux essais pratiques à effectuer sur le canal déjà achevé en partie. Les expériences ne portèrent pas seulement sur des locomotives, mais encore sur un bateau à hélices, mû électriquement, lequel pouvait à volonté emprunter son énergie à la canalisation supérieure ou à des accumulateurs qu'il transportait avec lui. Les expériences à l'aide de ce bateau électrique furent effectuées pour cette raison que le canal traverse plusieurs lacs où l'exploitation par locomotives ne sera pas possible.

Le bateau affecté aux essais, sortant des ateliers Siemens-Schuckert, est représenté dans les figures 4 et 5. La prise de courant s'effectua à l'aide de deux dispositifs différents. Le premier est une application du système Lombard-Gérin, dans lequel système un petit chariot de contact, actionné par un moteur à courant alternatif, synchronique avec le moteur actionnant les hélices, accompagne ou devance le bateau, dispositif qui avait tout d'abord été prévu pour l'exploitation d'omnibus sans rails. Le second dispositif consiste en deux tiges de contact d'environ 10 mètres de longueur, qui sont appliquées inférieurement contre les fils conducteurs à l'aide de ressorts.

Le bateau possédait trois hélices, dont chacune était actionnée par un moteur spécial. L'effet utile des hélices, malgré la vitesse de marche réduite, fut relativement très satisfaisant, bien que très faible au point de vue absolu, comme c'est généralement le

cas pour les hélices. Cet aménagement de trois hélices l'une à côté de l'autre, lesquelles produisent dans l'eau un courant de recul relativement large, mais peu profond, a réduit déjà très sensiblement la formation des vagues. La prise de courant s'est effectuée également bien avec l'un et l'autre dispositifs. Malgré tout, cependant, les résultats de la traction électrique par le bateau doivent être considérés comme peu satisfaisants, car le mauvais rendement des hélices conduit à une dépense d'énergie exagérée. Le bateau à hélices dépense au moins trois fois plus d'énergie que la locomotive électrique. De plus, le mouvement des eaux et la formation des vagues, nécessairement liés à la propulsion par hélices, subsistent toujours, ainsi que les détériorations des berges et du plafond qui en résultent.

Les expériences à l'aide de la locomotive électrique furent conduites minutieusement et avec beaucoup de soin. Elles ont fait l'objet d'un rapport très détaillé, rédigé par l'expérimentateur, M. Block, Regierungsbaumeister, et publié dans les *Glaser's Annalen*, Berlin 1904, n^{os} 642 et 645.

Le tracé en plan de la ligne d'essai est donné dans la figure 6. Cette ligne avait son origine au lac de Griebnitz, passait l'un après l'autre quatre ponts à courte distance, et s'arrêtait avant le cinquième pont. Son développement n'atteignait pas tout à fait 2 kilomètres. La locomotive projetée et exécutée dans les ateliers Siemens-Schuckert, à Berlin, en collaboration avec la Direction du canal de Teltow, et dont la construction fut dirigée par MM. D^r Georg. Meyer, Oberingenieur, et Carl. Mack, ingénieur, est représentée dans les figures 7 et 8. Comme ces figures le montrent, la locomotive, dans ses dispositions générales, diffère sensiblement des anciens modèles de la Société anonyme Siemens & Halske, modèles décrits dans les rapports Paris 1900 et Dusseldorf 1902.

Tout d'abord, sur la proposition de M. Havestat, Baurat, membre du Comité de Direction technique du canal de Teltow, la locomotive fut construite dissymétriquement dans le sens de marche, cette locomotive ne devant plus remplir la condition de pouvoir haler dans les deux directions. Par cette construction dissymétrique, qui faisait reposer la charge principale sur le châssis mobile d'avant, dont les deux essieux sont actionnés chacun par un moteur, il fut possible d'augmenter la stabilité de la locomotive dans des proportions remarquables. On doit en outre observer que la locomotive présente également, dans le sens transversal à la voie, une répartition inégale des charges, d'après le mode de construction adopté antérieurement

par la Société anonyme Siemens & Halske, de sorte que le rail le plus éloigné du canal supporte la plus grande partie de la charge. Cette disposition a également pour but d'augmenter la stabilité de la locomotive, eu égard aux efforts qui s'exercent obliquement aux rails.

L'augmentation de stabilité de la locomotive, dans le sens de sa marche, était désirée principalement parce que, étant donnée l'importance des mouvements de chargement et de déchargement au canal de Teltow qui passe tout près de Berlin, on voulait se réserver la faculté de pouvoir fixer la cincenelle à une grande hauteur au-dessus du plan de la voie, ainsi qu'il est nécessaire lorsque des bateaux avec constructions fixes au-dessus du pont sont amarrés à la rive, etc. Les figures 7 et 8 indiquent clairement ce relèvement de la cincenelle. En outre de ce dispositif de relèvement, la locomotive présente encore un autre dispositif permettant l'enroulement de la cincenelle, lequel avait déjà été appliqué une première fois par M. Léon Gérard à ses tracteurs électriques sans voie ferrée, au canal de Charleroi à Bruxelles. Ces dispositifs d'enroulement et de relèvement de la cincenelle sont actionnés, dans la locomotive du canal de Teltow, par de petits moteurs électriques, de sorte que le conducteur peut toujours, avec la promptitude désirée, modifier la longueur de la cincenelle et la hauteur de son point d'attache. Ceci est nécessaire si on veut réaliser la condition que jamais la cincenelle ne se détende, même pendant les manœuvres difficiles. Le mât de relèvement de la cincenelle est enfin établi de manière à ce que le point d'attache puisse s'élever jusqu'à 3 m. 75 au-dessus du plan supérieur des rails.

La locomotive a été munie d'un abri, en vue de protéger le conducteur contre le vent et la pluie.

Les essais effectués avec cette locomotive furent tout à fait satisfaisants. La figure 9 représente un convoi de halage en pleine marche, et la figure 10 un convoi de halage au moment où la cincenelle passe au-dessus d'un bateau placé contre la rive.

Le démarrage s'effectua régulièrement, sans secousses, et pendant la marche, l'effort de traction développé resta constant. On reconnut que la stabilité de la locomotive était entièrement satisfaisante, et tout aussi assurée en effort de traction maximum qu'en position supérieure du point d'attache de la cincenelle.

Comme de l'effort de traction résulte un certain allègement du *châssis mobile d'avant*, si la machine devait verser, il se produirait auparavant un patinement des roues actionnées.

En présence de ces résultats favorables, la Direction technique

du canal de Teltow chargea les ateliers Siemens-Schuckert de l'installation complète du halage électrique sur tout le canal. Le tracé en plan du canal de Teltow est représenté sur la figure 11. Son développement atteint 37 kilomètres. La station centrale électrique sera établie dans le voisinage de la ville de Teltow. Cette station fournira d'une part un courant continu à la tension de 600 volts utilisé directement pour les locomotives, d'autre part un courant alternatif à la tension de 6,000 volts qui sera transformé, dans une sous-station près de Brietz, en courant continu dont une partie sera utilisée pour les locomotives et le reste pour le service de nombreux établissements industriels, pour les opérations de chargement et de déchargement, pour l'éclairage, et enfin pour la manœuvre des écluses. On a prévu, pour le début de l'exploitation, l'emploi de 22 locomotives. L'installation sera terminée dans le courant de l'été de 1905, et mise en exploitation en automne.

Le Gouvernement prussien, au sujet des grands canaux dont il avait en vue la construction, avait déjà entrepris antérieurement l'étude du halage électrique, et il avait également suivi avec intérêt les expériences effectuées au canal de Teltow.

Les ateliers Siemens-Schuckert, s'appuyant sur le système appliqué au canal de Teltow, soumièrent un projet pour les nouveaux canaux du Gouvernement prussien. Le tableau ci-dessous renferme quelques données caractéristiques sur ce projet, données qui ont rapport avant tout aux frais d'installation et d'exploitation. Il faut remarquer que les canaux prussiens sont construits pour des bateaux jaugeant normalement 600 tonnes, et au maximum 750 tonnes.

SECTION	TRAFFIC A L'ORIGINE			TRAFFIC DÉVELOPPÉ		
	Traffic total annuel en tonnes	Frais d'installation en marks par kilomètre courant de canal	Frais d'exploitation, y compris l'intérêt et l'amortissement en piennigs par tonne- kilomètre.	Traffic total annuel en tonnes	Frais d'installation en marks par kilomètre courant de canal	Frais d'exploitation y compris l'intérêt et l'amortissement en piennigs par tonne- kilomètre.
Rhein-Herne (39 km) .	4,000,000	73,000	0.276	10,000,000	88,700	0.169
Herne - Bevergern (102 km)	40,00,000	66,200	0.240	10,000,000	78,400	0.144
Bevergern - Hannover (173 km)	3,000,000	60,200	0.253	6,000,000	79,700	0.195

L'exploitation électrique ne peut atteindre son entier développement que si elle est conduite avec unité. En outre l'immobilisation considérable des capitaux exige que tous les bateaux qui desservent le canal aient recours à ce moyen de halage ; d'où résulte qu'il faut concéder à l'exploitant du halage électrique le monopole du halage. Mais en pareil cas, les autorités doivent exercer leur influence sur la fixation des tarifs de halage, à moins que le Gouvernement, comme propriétaire du canal, n'en veuille entreprendre lui-même l'exploitation. Le département de Teltow a sérieusement pris en vue ces considérations. Au sujet des nouveaux canaux prussiens, la même question a également été soulevée, de sorte que le problème de la monopolisation du halage joue actuellement un rôle politique important dans les discussions concernant lesdits canaux ; car si la fixation des tarifs est entre les mains de l'Etat, il lui est possible d'influer sur la valeur des frais de transport sur le canal, et il peut ainsi, eu égard par exemple au trafic des chemins de fer, exercer une influence sur les déplacements commerciaux par un tarif approprié.

L'importance attribuée au monopole de halage, concernant le halage électrique, par la Commission des canaux prussiens, instituée par la Chambre des députés, apparaît dans les conclusions déposées dans le rapport de ladite commission, rapport présenté par M. le Dr Zehnhoff, député. Voici ces conclusions :

« Ainsi que le montrent les chiffres se rapportant aux frais d'exploitation par tonne-kilomètre, ces frais s'élèvent, pendant le trafic à l'origine, à environ 1/4 pfennig, tandis qu'ils se réduisent, en trafic développé, entre 1/5 et 1/6 pf. D'après ces chiffres, on voit que les frais du halage électrique pendant le trafic à l'origine, seraient un peu supérieurs aux frais de halage par remorqueurs, tandis qu'ils s'en rapprocheraient sensiblement par le développement du trafic. Les frais d'exploitation des chemins de fer sont incontestablement beaucoup plus élevés. »

L'exploitation électrique du canal ne présente pas seulement l'avantage direct d'une diminution des frais de halage, mais elle offre encore d'autres avantages indirects importants.

En première ligne, on doit considérer que la suppression des mouvements des eaux et des vagues résultant de la propulsion par hélices, préserve les talus et le plafond du canal, et en conséquence, que les frais courants d'entretien diminueront sensiblement. Cette circonstance peut entrer en ligne de compte dans la fixation des frais généraux. Il ne peut y avoir question de

laisser circuler des bateaux à vapeur dans le canal à une vitesse supérieure à 5 kilomètres, car pareille vitesse produit déjà des érosions importantes, provenant de l'attaque des talus par les vagues du sillage. En cas de halage par locomotives, au contraire, il est admissible d'augmenter la vitesse jusqu'à plus de 6 kilomètres à l'heure, ainsi qu'il a été prouvé au canal de Teltow, lors des expériences de halage effectuées en présence des membres de la commission nommée par la Chambre des députés.

L'existence de la canalisation électrique d'un bout à l'autre du canal, permet aussi d'installer, de la manière la plus simple, l'éclairage indispensable à une éventuelle exploitation de nuit, ou à une augmentation des heures de travail. Au canal de la Baltique, on a été obligé, dans pareil but, de créer tout exprès une installation d'éclairage très coûteuse.

Les canalisations électriques permettent en outre de distribuer en chaque point du canal, et dans un rayon de 5 à 10 kilomètres, l'énergie électrique sous forme de force ou de lumière. L'existence de cette énergie, qui peut être utilisée si facilement, est très pratique pour la mise en action des nombreux appareils de chargement et de déchargement, des grues, etc., qui sont installés le long du canal. Elle favorise aussi l'installation de fabriques et d'autres établissements industriels.

Il n'est possible d'établir le halage électrique, lequel exige toujours un capital d'installation important, que si l'exploitation est monopolisée ; c'est ainsi que le département de Teltow détient ce monopole pour le canal de Teltow. Ce monopole étant institué, il en résultera, et c'est là surtout le plus grand avantage indirect, une régularité d'exploitation du canal, laquelle exploitation acquerra ainsi une certaine analogie avec celle des chemins de fer. L'exploitant est en ce cas tenu de veiller à ce que, en chaque moment, on dispose de moyens de halage suffisants pour assurer, même pendant le jour d'importance maxima du trafic, la marche de tous les bateaux, et ceci aux tarifs fixés. Il ne pourra donc plus se produire, comme c'est encore fréquemment le cas aujourd'hui, que, pendant un fort encombrement, les bateliers soient privés de moyens de halage ou ne puissent les obtenir qu'à des prix surfaits. L'exploitation sera donc réglée d'après un horaire fixe, et le canal, pour le service des locomotives, sera divisé en sections d'environ 8 à 10 kilomètres. Toutes les stations seront reliées par téléphone ou par télégraphe, de façon que l'on puisse toujours veiller à ce que, en chaque endroit, on ait à sa disposition les locomotives de

halage nécessaires. On arrivera par cette exploitation régulière à pouvoir établir d'avance à quel moment la traversée d'une section déterminée du canal ou du canal tout entier peut s'effectuer, de sorte que les expéditeurs de marchandises pourront compter sur des livraisons à date fixe. La monopolisation du halage aurait également cette conséquence certaine que les transports par eau prendraient une extension bien plus considérable.

Assurément, le canal de Bevergern à Hannovre se prêterait parfaitement à l'installation du halage électrique. On ne peut encore décider s'il en est de même pour le canal de Herne au Rhin, eu égard aux ports et aux établissements industriels, dont on escompte la création sur tout le développement du canal. Comme le canal de Teltow se trouve dans les mêmes circonstances, il faudra attendre les résultats obtenus, avant de se prononcer définitivement.

Si les canaux étaient exploités par l'Etat, d'autres sérieux avantages naîtraient encore. On n'exagère pas en prétendant que le problème des canaux se présenterait sous une toute autre face.

Tout d'abord les droits de navigation et les frais de halage (comme dans les chemins de fer le droit d'emprunt de la voie et les frais de transport) pourraient être perçus ensemble, ce qui constituerait une agréable simplification pour les expéditeurs.

Il serait encore plus important pour eux de pouvoir compter sur des chargements fixes et des dates de livraison précises. Il deviendrait peut-être possible, par la suite, de rapprocher, moyennant une juste proportion, les chargements par chemin de fer et par bateau, et de faire ainsi profiter les expéditeurs par chemin de fer de la modicité des frais de transport par eau. Le bienfait de la diminution des frais de transport s'étendrait ainsi à tous dans une plus large mesure. La concurrence désagréable qui se produit si souvent entre les chemins de fer et les voies d'eau diminuerait sensiblement, et les installations servant au raccordement des canaux et des voies ferrées seraient faites plus aisément et plus complètement. Ajoutons encore ces quelques mots : L'Etat, par une sage politique des tarifs de chemin de fer, agit comme régulateur de la vie sociale. S'il dirige également l'exploitation des voies d'eau, il est à même d'empêcher que sa politique des tarifs ne soit contrariée, au détriment des intérêts sociaux généraux. L'avenir doit décider, s'il est recommandable que l'exploitation par l'Etat soit étendue à d'autres voies d'eau artificielles et même naturelles.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

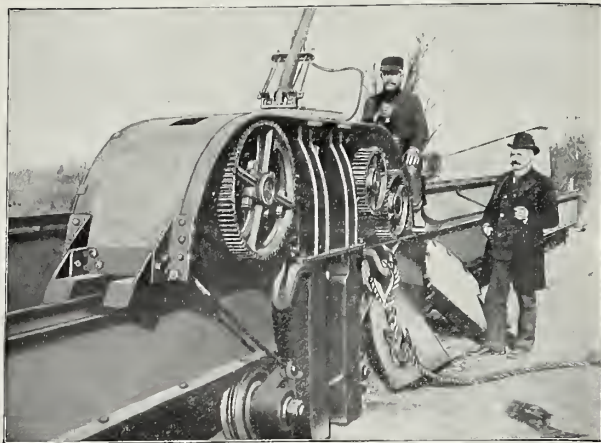
2. Communication

RAPPORT

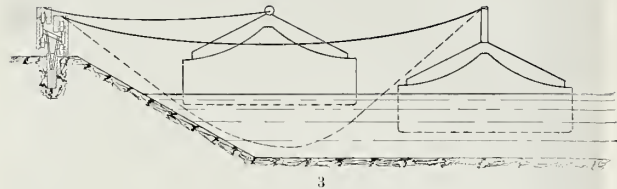
PAR

C. KOTTGEN

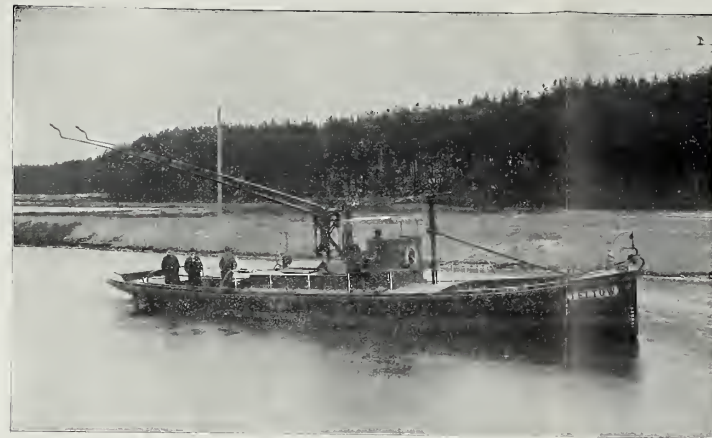
PLANCHE I.



1



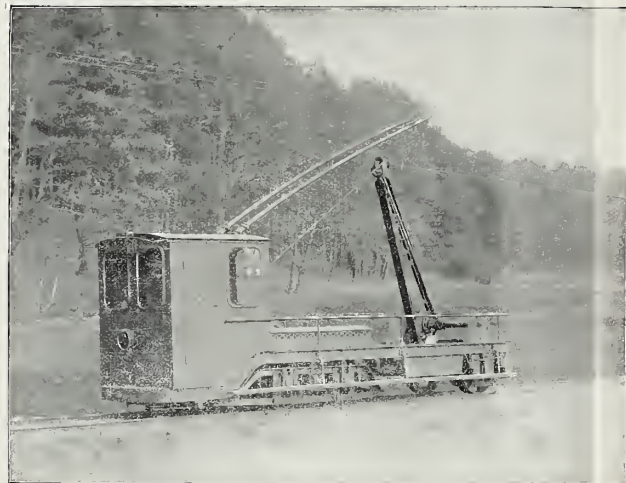
3



5



2



8



4



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1903

1. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

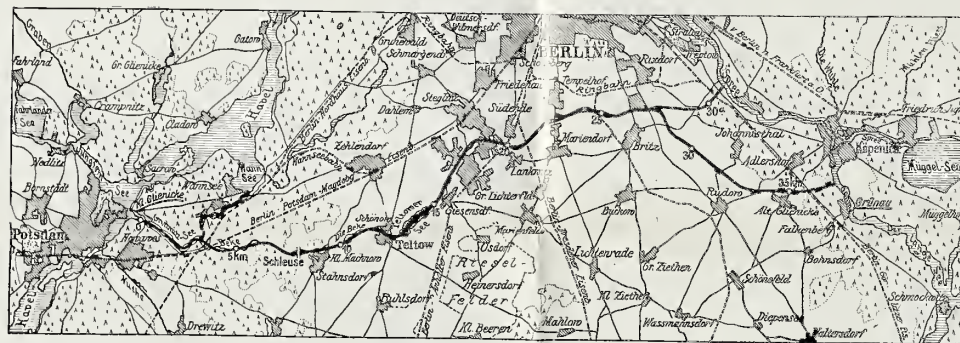
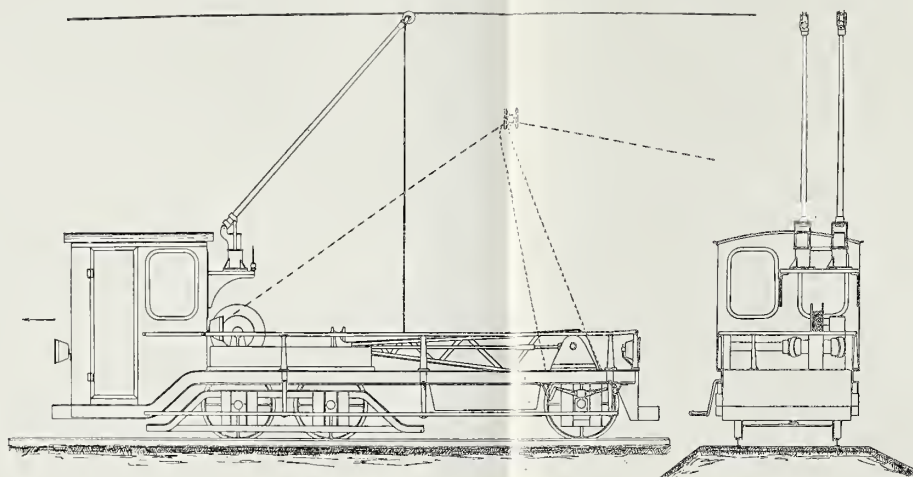
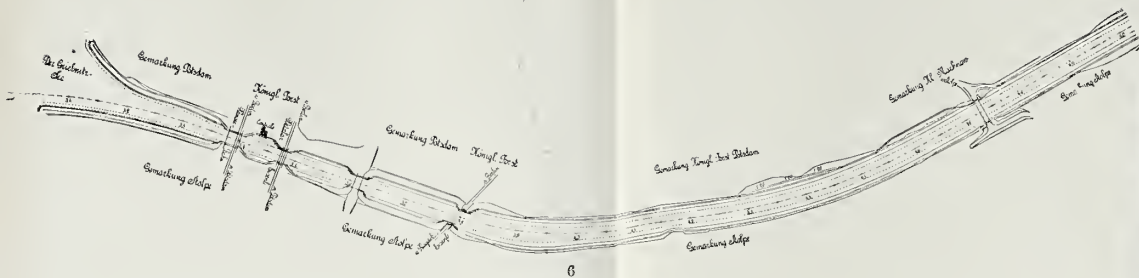
RAPPORT

PAR

C. KOTTGEN

PLANCHE II.







THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CHICAGO

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

- I. Section : Inland Navigation
2. Communication

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY

OF THE

Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

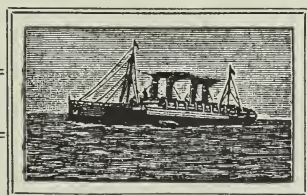
REPORT

BY

F. THIELE

Königlicher Baurat

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ECONOMIC STUDY

OF THE

Mechanical Ship-Train on Rivers, Lakes, and Canals

REPORT

BY

M. Ferdinand THIELE

Königlicher Baurat

Almost the only system, which still merits consideration for the transport of weights on Inland Waterways, is the mechanical shiptrain, the different varieties of which are constantly becoming more numerous and being improved. The cause of this great diversity is, that the nature of the waterway, and the conditions of the traffic in the various cases, play so considerable a part in the question, that a solution of the problem on the basis of any one most economical kind of ship-train becomes impossible.

In general the different kinds of mechanical ship-trains may be divided into two principal classes, according as the towing-appliance finds its point of support on shore — either directly or by the help of rails, chains, ropes, etc. — or on the water itself. The first of these classes entails a larger initial outlay, but admits of a better utilization of the source of towing-power, while in the second class the reverse is the case, so that the former will find its justification only in cases in which a large volume of traffic has to be dealt with.

The nature of the waterway itself restricts the choice of the means of towage in various directions. For lakes of considerable size and depth towage from the bank is impracticable. Also towage by means of a fixed chain or rope will not be suitable, since in a waterway of such large section the power required for towing is a relatively insignificant quantity, and in case of strong wind demands of too considerable extent are made on the mobility of the towing medium. The free-moving tugboat here finds suitable application as a towing machine, though exceptions to this may occur in the case of the shallower lakes and where exceptional demands are made on the

towing power, as for instance in the forwarding of rafts, on which, moreover, the wind cannot act so disadvantageously.

On rivers, also, towage from the bank will not in all cases be of advantage, since the towing-path must lie as near the working channel as possible, and is therefore in a high degree liable to damage from floods. For the employment of towing engines on the towing-path, the surface of the latter must be kept in first rate condition, and, in view of frequent damages caused by floods, its maintenance would entail too great an expense and a too frequent stoppage of work. On the other hand chain and rope towage, belonging to the first of the divisions of mechanical ship-towing appliances above referred to, here have a field of action, which is the more suitable the shallower the water and the stronger the current in the channel, because both these circumstances are associated with more than proportionate reductions in the working efficiency of the free-moving tugboat. On river reaches with slight fall and large section this disadvantage plays a less important part, and the other advantages of the second division of mechanical ship-towing appliances come more into view, so that in such cases free-moving tugboats have taken complete possession of the field. The canalized reaches of rivers are for the greater part of the year under the same conditions as the ones last named.

In principle, every kind of mechanical ship-towing appliance may be used on canals. Experience hitherto obtained, has shewn, that, in regard to the first division, the pull applied from the towing-path by means of engines forced to run in fixed paths, and in regard to the second, the free-moving tugboats having their source of power on board, have given the best results, while the other kinds, even when they shew the same degree of working efficiency, are attended with special disadvantages in working, which render their employment less desirable.

For the examination of the question, as to which kind of mechanical ship-train is, in an economical point of view, the best for a canal, the measurements of the latter must be known. A canal may, then, here be assumed of 100 km. in length and having the same section as the Dortmund-Ems Canal, which has a breadth of bed of 18 m., a surface breadth of 30 m. and an under-water sectional area of 58.5 square metres. The standard canal-barges have a draught of water of 1.75 m. and a cargo-carrying capacity of 667 tons, and they travel at a speed of 4 knots an hour. On the average the yearly traffic is dealt

with during 270 working days, and is so distributed, that on a third of the number of days half the average daily traffic takes place, on the second third the average quantity, and on the remaining third once and a half the average quantity. Since it is further desirable for every method of working, that with a minimum of towage power per unit of cargo forwarded the load to be moved at once be as large as possible, so that wages may be kept down and the towing-machine may draw more efficiently from the source of power, the assumption is made that two barges are in all cases towed at once.

The costs of the two systems of working may now be ascertained, i. e. of that of the electric towage on the one hand, and of that with tug-boats on the other. In regard to work with boats driven by suction gas, which may also merit consideration. I am not in possession of a sufficient quantity of exact data to be able to make a comparison.

The costs of the electric shore-towage for various volumes of traffic are as follows : —

a) The carrying capacity of a barge being taken at 667 tons and 20 % being assumed for voyages in the unloaded condition, the number of barge voyages, which can be made in the 270 working days will, for a yearly volume of traffic of 2 millions of tons carried over the whole distance of 100 km., be equal to $\frac{2000000}{667} \times (1 + 0.2)$ or in round numbers 3,600. Since a voyage made at a speed of 4 knots an hour and on the average occupying 10 hours of each day, requires 2 1/2 days for its accomplishment, there will on the busiest days be $1.5 \times \frac{3600}{270} \times 2.5 = 50$ barges, or 25 towing-trains to forward. At the speed given a towing-train of this kind requires a towing power of 1000 kg., i. e. a towing engine of 1000 kg. average, or 1200 kg. maximum towing power. If 20 % be allowed for exceptional cases and added as a margin to the number of towing trains that may have to be forwarded simultaneously, the number of towing engines required may be taken at $(1 + 0.2) 25 = 30$. The regular staff required for work outside consists of 25 engine drivers, 12 section overseers, and 12 fitters and wiremen. For the locomotives, rails and cables have to be laid on the towing-paths at both sides of the canal, as well as the requisite sheds and workshops. The total cost of this plant per kilometer of the length of the canal, amounts to from 50,000 to 60,000 M., or on the average to 55,000 Marks. The towing power per ton-

kilometre is $\frac{500 \times 1000}{667 \times 3600} = 0.208$ metre-kilogrammes per hour, or $0.208 \times 9.81 = 2.04$ Watt-hours, measured at the towing-hook. If the efficiency of the whole arrangement be taken at 0.43, as given by the experiments hitherto made, the amount of current required works out at 1 km. for 4.7 Watt-hours. For the total power of 200 millions of ton-kilometres 940,000 kw. per hour are accordingly required. If for this case and for the following calculations, the general working expenses be left out of account, as not affecting the comparison, the cost of towage for the year's working is as follows:—

	M.	HP. per ton, kg.
1. Consumption of current, 940,000 Kw.-hours at 0.18 M. each	169,200	0.0846
2. Wages for 25 engine-drivers at 1,200 M. each	30,000	
» » 12 section overseers at 1,100 M. »	13,200	
Wages for 12 fitters and wiremen at 1,300 M. »	15,600	
	<hr/>	
	58,800	0.0294
3. Maintenance of the rails, &c., 200 km.. at 300 M. per km.,	60,000	
Maintenance of the locomotives, 30 km. at 250 M. each	7,500	
	<hr/>	
	67,500	0.0338
4. Interest, amortisation, and depreciation of the plant. — For the rails, leads, and subsidiary plant 6% of the capital outlay, i. e. $0.06 \times 100 \times 55,000$	330,000	
For the locomotives, on account of their greater wear and tear, 8%, i. e. for a cost per locomotive of 12,000 M.. $0.08 \times 30 \times 12,000$	28,800	
	<hr/>	
	358,800	0.1794
In all.	<hr/>	<hr/>
	654,300	0.3272

b) For a yearly volume of traffic of 4 million tons the consumption of current increases again by 940,00 kw. hours. 25 more locomotives become necessary, which entail an increase of the regular staff in the shape of 25 engine-drivers and 6 fitters. The cost is then as follows:—

	M.	Pf- $\frac{1}{2}$ km
1. Consumption of current, 1,800,000 kw.-hours at 0.18 M. each	338,400	0.0846
2. Wages for 50 engine-drivers at 1,200 M. each	60,000	
» » 12 section-overseers at 1,000 M. »	13,200	
» » 18 fitters, &c. at 1,300 M. »	23,400	
	<hr/>	
	96,600	0.0242
3. Maintenance of the rails, &c., as above.	60,000	
» » locomotives, . . . 55 at 250 M. each	13,750	
	<hr/>	
	73,750	0.0184
4. Interest, &c.		
For the rails, &c., as above	330,000	
For the locomotives $0.08 \times 55 \times 12,000$	52,800	
	<hr/>	
	382,800	0.0957
In all.	<hr/>	<hr/>
	891,550	0.2229

c) For a yearly volume of traffic of 6 million tons the consumption of current rises again by 940,000 kw.-hours, for which again 25 more locomotives, together with the additional staff as above given, have to be reckoned with.

The cost accordingly becomes : —

	M.	H. P. per ton kg.
1. Consumption of current 2,820,000 kw.-hours at 0.18 M. each	507,600	0,0846
2. Wages for 75 engine-drivers at 1,200 M. each	90,000	
Wages for 12 section-overseers at 1,100 M. each	13,200	
Wages for 24 fitters, &c. at 1,300 M. each	31,200	
	<hr/>	
	134,400	0,0224
3. Maintenance of the rails, as above	60,000	
» » locomotives : 80 at 250 M. each	20,000	
	<hr/>	
	80,000	0,0133
4. Interest, &c.		
For the rails, &c. as above	330,000	
For the locomotives $0.08 \times 80 \times 12,000$ M.	76,800	
	<hr/>	
	406,800	0,0678
	<hr/>	
In all.	1,128,800	0,1881

d) For a yearly traffic of 8 million tons, there is a proportional increase in the cost, estimated as follows.

	M.	Per ton. kg in pfennings
1. Current expenses, 3,760,000 Kw.-hours at 0.18 M.	676,800	0.0846
2. Salaries of 100 engine-drivers at 1,200 M. each	120,000	
Salaries of 12 section overseers at 1,100 M. each	13,200	
Salaries of 30 fitters, &c., at a 1,300 M.	39,000	
	<hr/>	
	172,200	0.0215
3. Maintenance of the rails, as above.	60,000	
Maintenance of the locomotives : 105 at 250 M. each.	26,250	
	<hr/>	
	86,250	0.0108
4. Interest, &c. :		
For the rails &c., as above	330,000	
For the locomotives $: 0.08 \times 105 \times 12,000$	100,800	
	<hr/>	
	430,800	0.0539
	<hr/>	
In all.	1,366,050	0.1708

For work with free-moving tug-steamers the costs may be reckoned as follows : — The assumptions made as to the traffic, are the same as those given for position a. A towing-train of 2,667 tons carrying — capacity requires a towing power of 1,000 kg. for a speed of 4 km. per hour, i. e. for 1,000 tkm. 208 mkg. hours, or 2.8 H.P.hours at the towing hook. If then the proportion borne by the actual pulling-power to the indicated horse power be 0.2, 14 I. H. P. per hour will be necessary, so that the engine of the tug-boat will, in ordinary work, have to indicate $14.4 \times \frac{2.667}{1.000} = \text{about } 70 \text{ H. P.}$ It will then be desirable to employ tugs with engines of 90 H. P. maximum, which may be obtained for 50,000 marks.

e) With a yearly traffic of 2 million tons over the whole distance 25 towing-trains will, according to the shewing of position a, have to be forwarded. For this 25 tug-steamers with their crews are necessary, in addition to 5 steamers which must be kept for reserve purposes and for affording help in special cases. For repair and maintenance work a shipyard is necessary, which, if fitted out in a not too elaborate style, may cost about 200,000 marks. The whole towage thus accomplished, of 200 million ton-kilometres will, according to the above data, require 2,800,000 H. P.-hours, the cost of which for steam and for lubricating oil amounts to 3 Pf. per I. H. P. The cost then works out as follows : —

	M.	Pf. — tkm.
1. Consumption of steam and oil 2,800,000 I. H. P.-hours at 0.03 M. each	84,000	0.0420
2. Wages for 25 mates at 1,500 M. each 37,500 " " 25 engineers at 1,300 M. each 32,500 " " 50 boatmen at 1,000 M. 50,000	<u>120,000</u>	0.0600
3. Maintenance of the steamers, 4 % of their value when new = $0.04 \times 30 \times 50,000$	60,000	0.0300
4. Interest, amortisation, and depreciation, taken at 6 % for the shipyard and 8 % for the steamers, on the original values, = $[0.08 \times 30] \times 50,000$ 120,000 and $0.06 \times 200,000$ 12,000	<u>132,000</u>	0.0660
In all	396,000	0.1980

f) For a yearly traffic of 4 million tons, 25 more tug-steamers with full crews are required, in order to accomplish the addi-

tional 2,800,000 I. H. P.-hours of work thereby required. The cost is as follows : —

	M.	Pf.-tkm
1. Consumption of steam and oil 5,600,000 I. H. P. hours at 0.03 M. each . . .	168,000	0,0420
2. Wages for 50 mates at 1,500 M. each . . . 75,000 » » 50 engineers 1,300 M. each. . . 65,000 » » 100 boatmen 1000 M. each . . . 100,000	240,000	0,0600
3. Maintenance, &c., 0.04 × 55 × 50,000.	110,000	0,0275
4. Interest, amortisation, &c., 0.08 × 55 × 50,000 220,000 0.06 × 200,000 12,000	232,000	0,0580
In all . . .	750,000	0,1875

g) For a yearly traffic of 6 million tons the costs for 25 more steamers with their crews, and for maintenance, interest, &c., must gain be added, i. e. for position 1 = 84,000 M., for 2 = 120,000 M., for 3 = 50,000 M., and for 4 = 100,000 M., so that the amounts now are : —

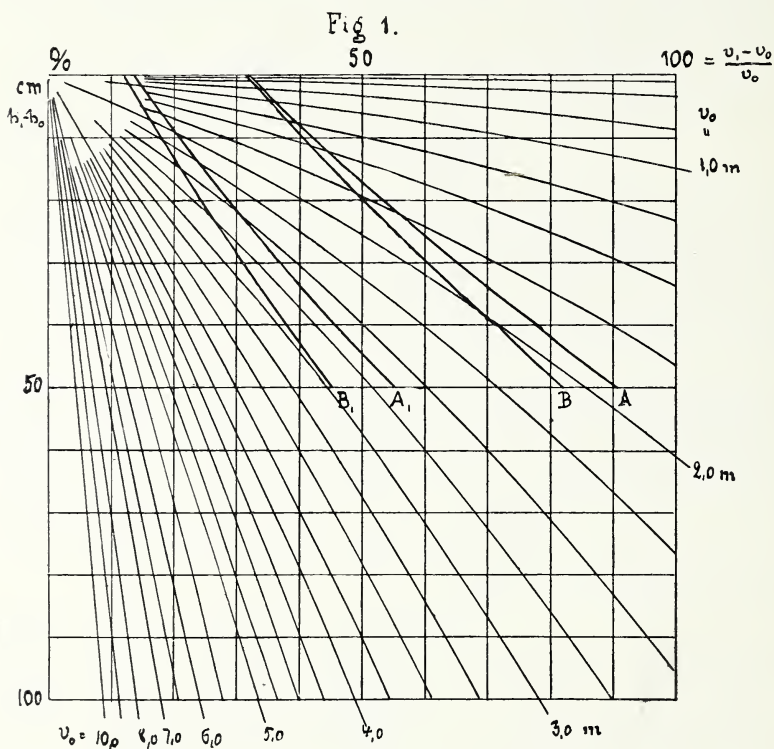
	M.	Pf.-tkm.
1. Consumption of steam and oil, &c. 168,000 + 84,000	252,000	0,0420
2. Wages, &c. 240,000 + 120,000	360,000	0,0600
3. Maintenance, &c. 110,000 + 50,000	160,000	0,0267
4. Interest, amortisation, &c. . . . 232,000 + 100,000	332,000	0,0553
In all. . .	1,104,000	0,1840

h) For a yearly traffic of 8 million tons, there will be the same increase in the cost : —

	M.	Pf.,tkm.
1. Consumption of steam and oil, &c. 252,000 + 84,000	336,000	0,0420
2. Wages, &c. 360,000 + 120,000	480,000	0,0600
3. Maintenance, &c. 160,000 + 50,000	210,000	0,0263
4. Interest, amortisation, &c. . . . 332,000 + 100,000	432,000	0,0540
In all. . .	1,458,000	0,1823

If the costs of the two kinds of mechanical ship-trains be compared, it will at once be apparent, how much greater is the outlay for wages in the towage by means of tugboats, than in that by locomotives. The attempt may be made to ascertain, whether these figures cannot be reduced by means of arrangements by which the same amount of traffic can be dealt with by fewer men. Considering that a tug steamer of considerable power still requires a crew of the same number of men, a saving may be achieved by an increase in the cargo carried by a single towing-train and therewith in the power of the tug.

In order to prevent the towage resistance per tkm. from being increased, and thereby the saving from being neutralized, the section of canal must be proportionately increased. The calculation of the towage resistance in connection with various sections of canal (as I have satisfied myself by comparisons with the wellknown experiments of de Mas with the «Flûte Jeanne», and with the experiments conducted on the Dortmund-Ems Canal) can, with ease and sufficient correctness, be made



Representation of the differences of speed in cm. expressed in terms of the increase of speed $\frac{v_1 - v_0}{v_0}$ in form of percentages of v_0 . The thicker lines represent the proportions borne by the below-water sections of ship and subsidence of water to the diminished water-section remaining, for subsidences ranging up to 50 % of the whole. These are themselves given in the form of percentages, and extend to various sections of canal and ship, as follows : —

A Standard barge with 667 tons of cargo and 1 m. 75 depth of immersion in the standard canal section of 58.5 sq. m. area below the water-line.

A, Steamer of 7 sq. m. area of immersed section, as above described.

B Standard barge with 800 tons of cargo and 2 m. depth of immersion in a canal section that is deepened by 0.5 m. and has an area of 67.0 sq. m.

B, Steamer of 7 sq. m. area of immersed section, as above described.

from the data given in the 5th Communication of the I Division of the last Congress, if only it be known how much the vessel will sink down while moving through the water. This may be readily determined by the help of Fig. 1. Here are given the speed-differences for the various speeds, and the increases of speed, in the form of percentages. If in this drawing the lines be entered, which, for given sections of ship and canal, represent the proportions borne by the sectional areas of these and of the subsidence of the water to the remaining water-section in the form of percentages, it will be possible, from the points of intersection of these lines with those before alluded to, at once to read off the amounts of subsidence for given speeds. For the canal-section here taken as a basis and a standard barge with 667 tons of cargo, as also for a section increased in depth by 0.5 m. and a barge with 800 tons of cargo, and further for a steamer of 7 sq. m. maximum immersed section in both canal sections, lines are drawn giving the respective conditions for subsidence up to 0.5 of a metre. The power required at the towing-hook for the towing-train of 2 barges each carrying 800 tons of cargo, is found to be 1,100 kilogrammes.

The costs of a service of tug-boats in a canal of larger section are as follows : —

j) For a yearly traffic of 2 million tons and the cargo capacity of 800 tons per barge, there will, on the assumptions made above, be $(1+0.2) \frac{2,000,000}{400} \times \frac{15 \times 2.5}{270} =$, in round numbers,

42 barges, or 21 towing-trains to forward on each of the busiest days. A towing-train for 2,800 tons cargo requires 1,100 kg. towing power for a speed of 4 km. per hour. For 1,000 tkm. it requires 191 mkg.-hours, or in round numbers 2.55 H.P.-hours, at the towing-hook. For this 5 times as much indicated horse power, or in round numbers 12.8 I. H. P. is required, so that

the engine of the tug-boat must in general have $12.8 \times 4 \times \frac{2,800}{1,000} = 82$ I. H. P. It will be desirable to provide the tug with engines of 105 maximum horse power. The cost of such a tug may be set down at 56,000 marks. Of these tug-boats 21 are required, to which 4 must be added for reserve and special purposes, making 25 in all. The total towage performance of 200 million ton-kilometres requires 2,560,000 I. H. P.-hours. For the deepening of the canal-section 8.5 cbm. of earth per metre, or in all 850,000 cbm, must be excavated, which under average condi-

tions would cost 1.0 M-cbm., provided the increase of depth were made during the construction of the canal. In the case of the larger engineering structures the original section may be assumed to remain unaltered, since vessels will be able to pass them at a reduced rate of speed. For the alteration of the small structures an increase of cost of 150,000 M. may be assumed. Since this deepening does not entail any increase in the cost of maintenance, and its duration is the same as that, of the rest of the canal, only the interest, amounting to $3\frac{1}{2}\%$, or to 0.035 ($850,000 + 150,000$) = 35,000 M., need be reckoned as the regular cost due to it. According to the particulars given above, the costs are to be reckoned as follows : —

	M.	Pf.-tkm.
1. Consumption of steam and oil 2,560,000 I. H. P. - hours at 0.03 M. each.	76,800	0.0384
2. Wages for 21 mates, at 1,500 M. each 31,500 » 21 engineers, at 1,300 M. each 27,300 » 42 boatmen 42,000	100,800	0.0504
3. Maintenance of the steamers 4% of the present worth $0.04 \times 25 \times 56,000$	56,000	0.0280
4. Interest, amortisation, and depreciation, amounting to $3\frac{1}{2}\%$ for the deepening, 6% for the shipyard, and 8% of the cost of construction of the steamers : 0.08 $\times 25 \times 56,000$ 112,000 0.06 $\times 200,000$ 12,000 0.035 $\times 100,000$ 35,000	159,000	0.0795
In all.	392,600	0.1963

k) For a yearly traffic of 4 million tons 21 more tug-steamers are required to perform the 2,560,000 I. H. P.-hours of additional work. For each further addition of 2 million tons to the traffic, the extra costs are, for position 1 = 76,800 M., for 2, = 100,800 M., for 3 = 45,920 M., and for 4 = 91,840 M.

The costs then are as follows : —

	M.	Pf.-tkm.
1. Consumption of steam and oil, &c. 76,800 + 76,800	153,600	0.0384
2. Wages, &c. 100,800 + 100,800	201,600	0.0504
3. Maintenance, &c. 56,000 + 45,920	101,920	0.0255
4. Interest, amortisation, &c. 159,000 + 91,840	250,840	0.0627
	707,960	0.1770

l) In like manner for a yearly traffic of 6 million tons the costs are : —

		M.	Pf.-tkm.
1. Consumption of steam and oil, &c.	153,600 + 76,800	230,400	0.0384
2. Wages, &c.	201,600 + 100,800	302,400	0.0504
3. Maintenance, &c.	101,920 + 45,920	147,840	0.0246
4. Interest, amortisation, &c.	250,840 + 91,840	342,680	0.0572
		1,023,320	0.1706

m) For a yearly traffic of 8 million tons : —

		M.	Pf.-tkm.
1. Consumption of steam and oil, &c.	230,400 + 76,800	307,200	0.0384
2. Wages, &c.	302,400 + 100,800	403,200	0.0504
3. Maintenance, &c.	147,840 + 45,920	193,760	0.0242
4. Interest, amortisation, &c.	342,680 + 91,840	434,520	0.0543
In all.		1,338,680	0.1673

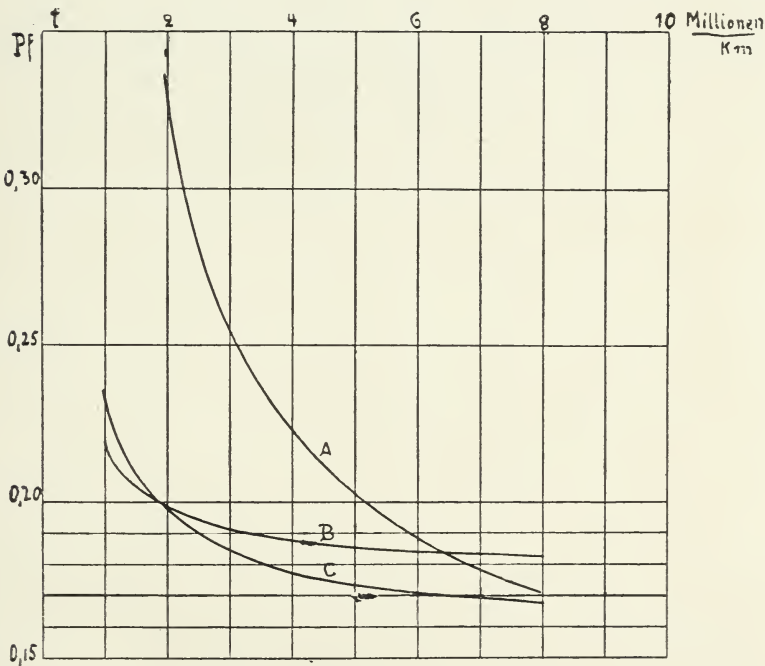


Fig. 2.

Diagram showing the nett cost of towage in Pf. per tkm. of cargo carried.
A Electric towage (from the towing path) with standard canal-section and barges of 667 tons cargo capacity.

B Tug-steamer service as above described.

C Tug-steamer service with canal-section deepened by 0.5 m. and barges of 800 tons cargo capacity, in relation to the amount of the traffic per kilometre expressed in millions of tons.

In Fig. 2 a graphic representation is given of the results of this investigation. From this it is apparent, that, with the conditions assumed, the electric towage service is, for a volume of traffic of about 5.5 million tons, to be preferred to that with tug-boats, but that on the other hand an increase of the cross section of the canal and a towage service with powerful tugs becomes justified as soon as the volume of traffic amounts to about 2 millions. In the case of canals of smaller dimensions than those assumed, the application of electric towage will naturally become worth while for a smaller volume of traffic, and this the sooner, the smaller the load to be forwarded by a single train. A deepening of existing canals will, in most cases, be feasible only at a cost that is relatively very considerable, so that it will seldom become worthy of consideration. In regard to an increase in the depth of canals to be newly constructed, the circumstance has further to be considered, that in addition to the reduction in the cost of towage a similar reduction will ensue in the charges for freight, on account of the greater carrying capacity of the barges.

FERDINAND THIELE.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

1. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX

sur les fleuves, les canaux et les lacs

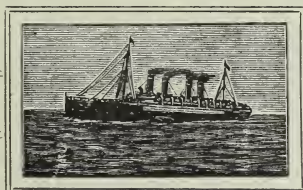
RAPPORT

PAR

M. F. THIELE

Conseiller royal de l'Intendance des Bâtiments

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ÉTUDE ÉCONOMIQUE

SUR LA

Traction mécanique par les Fleuves, Lacs et Canaux

RAPPORT

PAR

Ferdinand THIELE

Conseiller royal de l'Intendance des bâtiments

Pour l'expédition de fardeaux par les voies navigables intérieures, on prend actuellement presque exclusivement en considération la traction mécanique des navires, dont les divers systèmes vont toujours en augmentant et en s'améliorant. Cette grande diversité provient de ce que la nature et la condition du trafic jouent un si grand rôle dans chacun de ces cas particuliers, qu'ils ne permettent pas une solution générale de la question, d'après le meilleur mode de traction au point de vue pratique.

En général, on peut diviser les différents modes de traction mécanique des navires en deux espèces principales, suivant que la machine de traction prend son point d'appui sur le sol, soit directement, soit au moyen de rails, de chaînes, de câbles, etc., ou qu'elle le trouve dans l'eau elle-même. La première espèce exige de plus grands frais d'établissement, mais garantit une meilleure utilisation de la source d'énergie pour le service de traction, tandis que la seconde, avec des frais d'établissement moindres, ne permet qu'une plus faible utilisation de la source d'énergie; c'est pourquoi l'emploi d'un des modes de la première espèce ne se justifie que s'il s'agit de faire face aux besoins d'un trafic considérable.

La nature de la voie navigable amène mainte restriction dans le choix du mode de traction. Pour les lacs d'une certaine grandeur et d'une certaine profondeur, la traction de la rive n'est pas admissible; même le touage au moyen de câbles ou de chaînes n'est pas pratique, parce que, avec une grande section mouillée, la force de traction exigée est relativement peu considérable et que, par un fort vent, il faudrait exiger du toueur de trop grandes qualités nautiques. Ici, le toueur naviguant librement est tout indiqué comme machine de traction. Il peut se rencontrer des exceptions pour les lacs peu pro-

fonds, et surtout dans les cas où un plus grand effort de traction est nécessaire, comme pour les trains de bois, sur lesquels le vent n'agit pas aussi défavorablement.

Même sur les fleuves, la traction de la rive, de toute façon, ne sera pas opportune, vu que le chemin de halage doit se trouver le plus près possible du chenal et, en conséquence, est exposé, à un haut degré, à des dégradations par les hautes eaux. Lorsqu'on emploie des machines de traction sur le chemin de halage, il faut que la surface de celui-ci soit particulièrement en bon état, de sorte que son entretien, à la suite de fréquentes détériorations par les hautes eaux, occasionnerait de fortes dépenses et de fréquents arrêts du trafic. Par contre, les toueurs à câble et à chaîne de la première espèce de traction mécanique, sont d'un emploi d'autant plus avantageux, que la profondeur de l'eau est moindre et que le courant est plus fort dans le chenal, parce que ces deux circonstances diminuent d'autant la force de propulsion des toueurs libres. Dans les parties du fleuve de faible pente et de grande profondeur, ce désavantage a moins d'importance et, en revanche, les avantages de la seconde espèce de traction mécanique se font plus librement sentir, de sorte qu'ici, les toueurs libres ont partout conservé le terrain. Les sections de fleuve canalisées, offrent, durant la plus grande partie de l'année, les propriétés des parties de fleuve susmentionnées.

Sur les canaux, chacun des modes de traction mécaniques peut être employé en principe; mais, d'après les expériences faites jusqu'à présent, il semble résulter que l'on obtient les meilleurs services — entre ceux de la première espèce — de celui où la traction se fait du chemin de halage, au moyen de machines à guidonnage, et entre ceux de la seconde espèce, les toueurs libres, dont le service d'énergie est à bord; tandis que les autres modes, même à services égaux, offrent des inconvénients particuliers, qui les font paraître moins opportuns.

Pour résoudre la question de savoir quel mode de traction mécanique sur un canal est le meilleur, au point de vue économique, il faut connaître les dimensions dudit canal. Nous supposons donc qu'il s'agit d'un canal de 100 kilomètres de longueur, ayant le profil du canal de Dortmund à l'Ems, lequel offre une largeur de 18 mètres au plafond et de 30 mètres au niveau de l'eau, et un profil d'eau de 58 m. c. 5. Les bateaux de canal normaux ont un tirant d'eau de 1 m. 75 et une capacité de 667 tonnes, et naviguent avec une rapidité de 4 kilomètres à l'heure. Le trafic peut se répartir, en moyenne, sur 270 jours d'activité et se partager de telle sorte que, durant un tiers des jours, la durée de l'exploitation est égale à la moitié du jour d'exploitation moyen; durant un autre tiers, elle est égale au jour

moyen, et durant le troisième jour, elle équivaut à un jour moyen et demi.

Comme il est opportun, pour tout genre d'exploitation, tout en diminuant autant que possible la quantité de force de traction nécessaire pour une unité de charge, que la charge à transporter en une fois soit aussi forte que possible, pour épargner les salaires et rendre possible une meilleure utilisation des sources de force, il faut compter que deux bateaux doivent toujours être réunis pour former un seul train de touage.

Il s'agit maintenant de calculer les frais des deux genres d'exploitation, d'abord, la traction électrique, au moyen de câbles de halage, ensuite, des toueurs à vapeur. Quant à l'exploitation au moyen de *Sauggesbooten*, qui pourraient aussi entrer en ligne de compte, je n'ai pas pu réunir assez de renseignements pour établir une comparaison.

Les frais de la traction électrique au moyen de câbles, sont les suivants, selon le plus ou le moins d'importance du trafic :

a) Pour un trafic annuel de 2 millions de tonnes, sur toute l'étendue des 100 kilomètres, on peut compter qu'avec des bateaux d'une capacité de 667 tonnes, en ajoutant 20 % pour les voyages à vide, on trouve, en chiffres ronds, qu'il faut effectuer $\frac{2,000,000}{667}$

$(1 + 0.2) = 3,600$ voyages de bateau durant les 270 jours d'exploitation. Comme un voyage, à raison d'une vitesse de 4 kilomètres à l'heure et d'une journée de travail moyenne de dix heures, exige deux jours et demi de trajet, il faudra, durant les plus longs jours d'exploitation, expédier $1.5 \times \frac{3,600}{270} \times 2.5 = 50$ bateaux ou 25 trains

de touage. Un tel train exige, pour la vitesse donnée, une force de traction de 1,000 kilogrammes; ainsi, il faut avoir des machines ayant une force de traction d'environ 1,000 kilogrammes, au maximum de 1,200 kilogrammes. Elles doivent être, — si l'on ajoute 20 % pour les cas extraordinaires et pour la réserve, au chiffre des trains qu'il s'agit d'expédier à la fois, — au nombre de $(1 + 0.2) 25 = 30$. Comme personnel permanent pour le service extérieur, il faut 25 conducteurs de locomotives, 12 surveillants de voies, 12 serruriers et surveillants des transmissions. Pour les locomotives, il faut établir, des deux côtés du canal, les voies et les conduites d'eau du courant nécessaire, ainsi que les hangars et les ateliers indispensables. Les frais totaux de ces constructions sont de 50,000 à 60,000 marcs pour un kilomètre de canal, soit de 55,000 marcs en moyenne. Le travail de traction par tonne kilométrique est de $\frac{500 \times 1,000}{667 \times 3,600} = 0.208$ kilo-

grammètres-heures ou $0.208 \times 9.81 = 2.04$ wattheures, mesurées au crochet. Si l'on évalue à 0.43 le degré d'effet produit par tout l'appareil, alors le courant nécessaire pour une tonne kilométrique est de 4.7 wattheures, soit, pour la traction totale de 200 millions de tonnes kilométriques, 940,000 kilowattheures. Laissant de côté ici et dans les calculs ultérieurs, les frais généraux d'exploitation, comme n'étant pas nécessaires pour la comparaison, nous comptons, comme suit, les frais de traction pour une année d'exploitation :

	Marcs	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de courant de 940.000 kilowatt-heures à 0.18 marcs.	169,200	0.0846
2. Salaire de 25 conducteurs de locomotives à 1,200 marcs.	30,000	
Salaire de 12 surveillants des voies à 1,100 marcs.	13,200	
Salaire de 12 serruriers et surveillants des transmissions à 13 marcs	15,600	
	<hr/> 58,800	0.0294
3. Entretien de la voie, à raison de 300 marcs les 200 kilomètres	60,000	
Entretien des 30 locomotives à raison de 250 marcs pièce	7,500	
	<hr/> 67,500	0.0338
4. Intérêts et amortissement des installations :		
Les voies, les conduites et les constructions accessoires demandent 6 % du capital d'établissement, soit $0.06 \times 100 \times 55,000$	330,000	
Les locomotives demandent 8 % par suite de la plus grande usure, soit, étant donné le prix de 12,000 marcs pièce : $0.08 \times 30 \times 12,000$	28,800	
	<hr/> 358,800	0.1794
Total.	<hr/> 654,300	0.3272

b) Pour un trafic annuel de 4 millions de tonnes, on fait usage d'un supplément de courant de 940,000 kilowattheures ; 25 locomotives en plus sont nécessaires et elles nécessitent un renfort de personnel de 25 conducteurs et de 6 serruriers. En conséquence, les frais sont les suivants :

	Marcs	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de courant : 1,800,000 kilowatt-heures à 0.18 M.	338,400	0.0846
2. Salaire de 50 conducteurs de locomotives à 1,200 M.	60,000	
Salaire de 12 surveillants des voies à 1,100 M	13,200	
Salaire de 18 serruriers et surveillants des transmissions, à 1,300 M	23,400	
	<hr/> 96,600	0.0242
3. Entretien des voies, comme ci-dessus	60,000	
Entretien des locomotives, 55 à 250 M.	13,750	
	<hr/> 73,750	0.0184
4. Intérêts, etc. :		
Des voies, etc., comme ci-dessus	330,000	
Des locomotives : $0.08 \times 55 \times 12,000$	52,800	
	<hr/> 382,800	0.0957
Total.	<hr/> 891,550	0.2229

c) Pour un trafic annuel de six millions de tonnes, la dépense de courant s'élève de nouveau de 940,000 kilowattheures, ce qui nécessite une nouvelle augmentation de 25 locomotives, ainsi que du personnel. En conséquence, les frais sont les suivants :

	Mares	Par kilom. en pfennings
1. Dépense de courant : 2.820,000 kilowatt- heures à 0.18 M.	507,600	0.0846
2. Salaire de 75 conducteurs de locomotives à 1,200 M	90,000	
Salaire de 12 surveillants des voies à 1,100 M	13,200	
Salaire de 24 serruriers, etc., à 1,300 M. .	31,200	
	134,400	0.0224
3. Entretien des voies comme ci-dessus . .	60,000	
Entretien des locomotives : 80 pièces à 250 M	20,000	
	80,000	0.0133
4. Intérêts, etc. :		
Des voies, comme ci-dessus.	330,000	
Des locomotives : $0.08 \times 80 \times 12,000$. .	76,800	
	406,800	0.0678
Total. . .	1,128,800	0.1881

d) Pour un trafic annuel de 8 millions de tonnes, se manifeste une augmentation équivalente des frais, qui sont évaluées comme suit :

	Mares	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de courant : 3,760,000 kilowatt- heures à 0.18 M	676,800	0.0846
2. Salaire de 100 conducteurs de locomotives à 1,200 M	120,000	
Salaire de 12 surveillants de la voie à 1,100 M	13,200	
Salaire de 30 serruriers, etc., à 1,300 M .	39,000	
	172,200	0.0215
3. Entretien des voies comme ci-dessus . . .	60,000	
Entretien des locomotives : 105 pièces à 250 M.	26,250	
	86,250	0.0108
4. Intérêt, etc. :		
Des voies comme ci-dessus	330,000	
Des locomotives : $0.08 \times 105 \times 12,000$. .	108,800	
	438,800	0.0539
Total. . .	1,366,050	0.1708

Pour l'exploitation au moyen de toueurs à vapeur libres, les frais se calculent comme suit. Les hypothèses concernant le trafic sont les mêmes que celles qui ont été admises pour a. Un train de touage de

2×667 tonnes de chargement demande une traction de 1,000 kilog. pour une vitesse de 4 kilom., par conséquent, pour 1,000 tonnes kilom., 208 kilogrammètres-heures, ou 2.8 chevaux-heures au crochet. Etant donné le rapport de 0.20 entre la véritable traction opérée et les forces en chevaux indiquées, il faut donc 14 chevaux-heures indiqués, de sorte que la machine du toueur a ordinairement, dans le cylindre une force de $14 \times 4 \times \frac{2 \times 667}{1,000} = \approx 70$ chevaux.

C'est pourquoi, on emploie des toueurs avec des machines fournissant au maximum une force de 90 chevaux, que l'on peut se procurer pour 50,000 marcs.

e) Pour un trafic annuel de 2 millions de tonnes, sur toute l'étendue, d'après les données en a, il faut haler journallement 25 trains de touage, cela exige 25 toueurs à vapeur, avec l'équipage, ainsi que 5 vapeurs pour la réserve et pour les cas où un renfort serait nécessaire. Pour la réparation et l'entretien du matériel, il est nécessaire d'établir un chantier qui, modestement installé, coûtera tout au plus 200,000 marcs. L'ensemble de l'effort de traction de 200 millions de tonnes kilométriques demande, d'après les indications précitées, 2,800,000 chevaux-heures, dont les frais pour vapeur et graissage comportent 3 pf. par cheval-heure. En conséquence, les frais doivent être calculés comme suit :

	Mars	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile pour 2 millions 800.000 chevaux-heures à 0.03 M.	84.000	0.0420
2. Salaire de 25 timoniers à 1,500 M.	37,500	
Salaire de 25 machinistes à 1,300 M.	32,500	
Salaire de 50 bateliers à 1.000 M.	50,000	
	<hr/> 120,000	0,0660
3. Entretien des vapeurs, 4 % de la valeur d'achat $0.04 \times 30 \times 50,000$	60,000	0.0300
4. Intérêts, amortissement de 6 % pour le chantier, soit $0.06 \times 200,000$	12,000	
et de 8 % sur la valeur d'achat des vapeurs : $0.08 \times 30 \times 50,000$	120,000	
	<hr/> 132,000	0,0660
Ensemble	<hr/> 396,000	<hr/> 0,1980

f) Pour un trafic annuel de 4 millions de tonnes, il faut 25 toueurs à vapeur de plus avec leur équipage complet pour fournir les 2,800,000 chevaux-heures indiqués supplémentaires exigés. Les frais sont les suivants :

	Mares	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile : 5,600,000 chevaux-heures à 0.03 M	168,000	0,0420
2. Salaire de 50 timoniers à 1,500 M. 75,000		
Salaire de 50 machinistes à 1,300 M 65,000		
Salaire de 100 bateliers à 1,000 M. 100,000	240,000	0,0600
3. Entretien des vapeurs : 0.04 × 30 × 50,000.	110,000	0,0275
4. Intérêts, amortissement, etc. des vapeurs : 0.08 × 55 × 50,000 220,000		
du chantier : 0.06 × 200,000. 12,000	232,000	0,0580
Ensemble	750,000	0,1875

g) Pour un trafic annuel de 6 millions de tonnes, il faut de nouveau ajouter les frais de 25 vapeurs avec l'entretien de leur équipage, les intérêts, etc., c'est-à-dire, ajouter à 1, 84,000 marcs; à 2, 120,000 marcs; à 3, 50,000 marcs; à 4, 100,000 marcs; de sorte que les frais sont de :

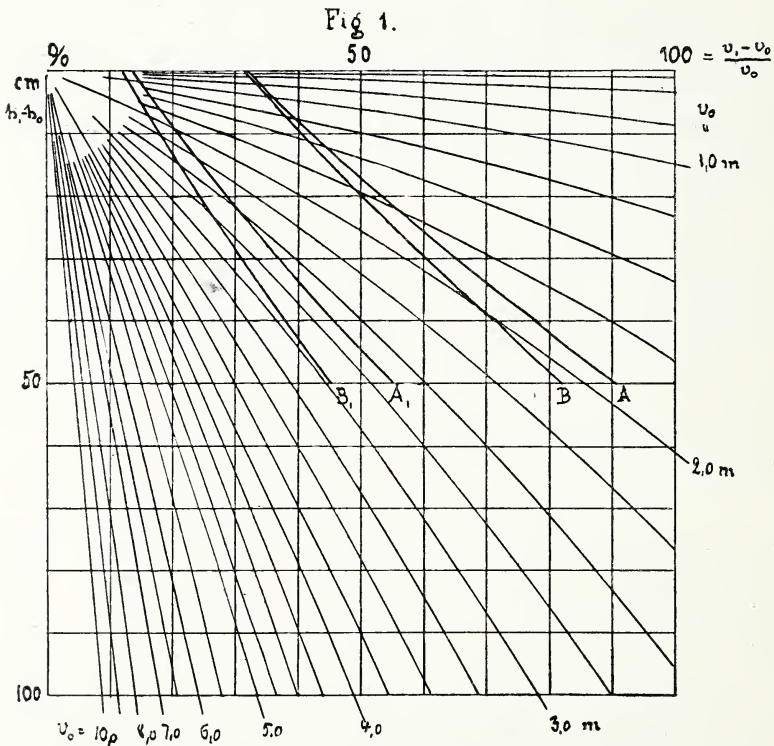
	Mares	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile, etc. 168,000 + 84,000	252,000	0,0420
2. Salaire, etc. 240,000 + 120,000	360,000	0,0600
3. Entretien, etc. 110,000 + 50,000	160,000	0,0267
4. Intérêts, amortissement, etc. . . . 232,000 + 100,000	332,000	0,0553
Total.	1,104,000	0,1840

h) Pour un trafic annuel de 8 millions de tonnes, se produit la même augmentation de frais, qui s'élèvent à :

	Mares	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile, etc. 252,000 + 84,000	336,000	0,0420
2. Salaires, etc. 360,000 + 120,000	480,000	0,0600
3. Entretien, etc. 160,000 + 50,000	210,000	0,0263
4. Intérêts, amortissement, etc. . . . 332,000 + 100,000	432,000	0,0540
Total.	1,458,000	0,1823

En comparant les frais des deux espèces de traction des navires, on s'aperçoit tout de suite combien les dépenses en salaires sont plus grandes avec l'exploitation au moyen de toueurs, en regard de celles qu'exige l'emploi des locomotives. Il reste à rechercher si l'on ne peut restreindre ces dépenses, en prenant des dispositions spéciales, par suite desquelles on emploierait moins d'hommes pour le même chiffre de transport. Or, comme un toueur à vapeur réclame le même équipage pour des différences de forces assez considérables, on ne peut arriver à faire des économies qu'en augmentant la charge des trains de touage et en suite de cela, la capacité de traction du

toeur. Pour éviter que la résistance du train par tonne kilométrique n'augmente, et par là l'économie ne soit pas réalisée, on doit augmenter en conséquence le profil du canal. Le calcul de la résistance du train dans des canaux de divers profils, comme je m'en suis convaincu, en comparant les expériences bien connues de De Mas avec la *Flûte Jeanne* à celles qui ont été faites sur le canal de Dortmund, à Ems, peut être facilement et exactement effectué d'après le plan exposé dans la cinquième communication de la 1^{re} section du précédent Congrès, pourvu que l'on connaisse le tirant d'eau du bateau qui navigue ; ce qui peut rapidement être déterminé avec l'aide de la figure 1. Là se trouve représentée la différence des hauteurs de



Représentation des différences des hauteurs de vitesse en centimètres, établie d'après l'accroissement de vitesse $\frac{v_1 - v_0}{v_0}$ en pour cent de v_0 . Les lignes les plus fortes donnent les rapports du profil d'eau du navire et de son enfoncement avec le profil d'eau restante aux différents enfoncements jusqu'à 50 centimètres, également en pour cent, et pour différents profils de canal et de bateau, soit :

A) Bateau normal avec 667 tonnes de charge et 1.75 de tirant d'eau dans un canal normal d'un profil d'eau de 58.5 m. c.

A Vapeur de 7 m. c. de profil plongé, le reste comme le précédent ;

B) Bateau normal avec 800 tonnes de charge et 2 mètres de tirant dans un profil de canal de 67 m. c. approfondi de 0.5 m ;

B, Vapeur de 7 m. c. de profil plongé, le reste comme le précédent.

vitesse pour chacune des vitesses en particulier et l'élévation de celles-ci à l'échelle de cent. Si l'on reporte sur ce dessin les lignes qui, pour des profils déterminés de navire et de canal, indiquent, à l'échelle de cent, le rapport de la surface du navire et de son tirant d'eau avec la profondeur d'eau restante, on peut lire immédiatement, au point d'intersection de ces lignes avec celles prémentionnées pour des vitesses déterminées, le chiffre du tirant d'eau. Pour le profil de canal qui sert de base à ce travail et pour un bateau normal chargé de 667 tonnes, comme pour un profil enfoncé de 0.5 mètres et un bateau chargé de 800 tonnes, et en outre, pour un vapeur d'un profil d'eau maximum de 79 mètres dans les deux profils, les lignes de rapport sont calculées jusqu'à 50 centimètres d'enfoncement. La force nécessaire pour un train de touage de deux barques de 800 tonnes de chargement est calculée à 1,100 kilos au crochet.

Les frais d'exploitation au moyen de bateaux de touage dans un profil élargi sont les suivants :

j) Pour un trafic annuel de 2 millions de tonnes et une capacité de 800 tonnes par bateau, il est nécessaire, d'après les calculs établis plus haut, d'expédier, aux jours du trafic le plus intense, $(1 + 0.2) \frac{2,000,000}{800} \times \frac{1.5 \times 2.5}{270} = 42$ barques en chiffre rond, ou 21 trains de touage. Un train de touage avec 2×800 tonnes de chargement demande une force de traction de 1,100 kilos pour une vitesse de 4 kilomètres à l'heure, donc 191 kilogrammètres-heures ou, en chiffre rond, 2.55 chevaux-heures au crochet.

Pour des chevaux indiqués, il en faut 5 fois plus, soit, en chiffre rond, 12.8 chevaux-heures indiqués. C'est pourquoi la machine du toueur doit habituellement fournir $12.8 \times 4 \times \frac{2 \times 800}{1,000} = 82$ chevaux indiqués; en conséquence il sera opportun de munir les toueurs de machines de 105 chevaux maximum. Le prix du toueur doit être compté à 56,000 marks. Il en faudrait 21, plus 4 pour la réserve et les cas exceptionnels; en tout 25. La traction totale des 200 millions de tonnes kilométriques exige 2,560,000 chevaux-heures indiqués. Pour l'approfondissement du profil du canal, il faut, à raison de 8.5 mètres cubes par mètre, enlever 850,000 mètres cubes, ce qui coûtera, en moyenne, un marc le mètre cube, si l'approfondissement se fait aussitôt après l'établissement du canal. Là, où il y a de grands travaux d'art, il faut conserver le profil primitif, vu qu'on pourra passer ces endroits avec une moindre vitesse; pour les changements à introduire dans les constructions moindres, il faut compter une dépense supplémentaire de 150,000 marcs. Comme cet approfondisse-

ment ne nécessite aucune augmentation des frais d'entretien du canal, et à la même durée que celle du canal, on ne doit ajouter aux frais permanents que les intérêts calculés à 3 1/2 %, donc : $0,035 (850,000 + 150,000) = 35,000$ marcs. D'après les données antérieures, les frais d'exploitation seront donc les suivants :

	Marcs	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile pour 2 millions 560,000 chevaux-heures indiqués, à 0.03 M.	76,800	0.0384
2. Salaire de 21 timoniers à 1,500 M.	31,500	
Salaire de 21 machinistes à 1,300 M.	27,300	
Salaire de 42 bateliers à 1,000 M.	42,000	
	100,800	0.0504
3. Entretien des vapeurs, 4 % de la valeur d'achat $0.04 \times 25 \times 56,000$	56,000	0.0280
4. Intérêts, amortissement, dont 3 1/2 % pour l'approfondissement $0.035 \times 100,000$	35,000	
6 % pour le chantier $0.06 \times 200,000$	12,000	
et 8 % de la valeur d'achat des vapeurs $0.08 \times 25 \times 56,000$	112,000	
	159,000	0.0795
Total.	392,600	0.1963

k) Pour un trafic annuel de 4 millions de tonnes, il faut 21 toueurs à vapeur en plus, pour produire les 2,560,000 chevaux-heures supplémentaires. Pour chaque accroissement du trafic de 2 millions de tonnes, il y a accroissement de frais, pour 1, de 76,800 marcs; pour 2, de 100,800 marcs; pour 3, de 45,920 marcs; et pour 4, de 91,840 marcs. Les frais seront donc établis comme suit :

	Marcs	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile, etc. 76,800 + 76,800	153,600	0.0384
2. Salaire, etc. 100,800 + 100,800	201,600	0.0504
3. Entretien, etc. 56,000 + 45,920	101,920	0.0255
4. Intérêts, amortissement, etc. . . . 159,000 + 91,840	250,840	0.0625
Total.	707,960	0.1770

l) Pour un trafic annuel de 6 millions de tonnes, les frais s'élèvent à :

	Marcs	Par ton. kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile, etc. 153,600 + 76,800	230,400	0.0384
2. Salaire, etc. 201,600 + 100,800	302,400	0.0504
3. Entretien, etc. 101,920 + 45,920	147,840	0.0246
4. Intérêts, amortissement, etc. . . . 250,840 + 91,840	342,680	0.0572
Total.	1,023,320	0.1706

m) Pour un trafic annuel de 8 millions de tonnes :

			Mares	Par ton kil. en pfennings
1. Dépense de vapeur et d'huile, etc.	230,400 + 76,800		307,200	0,0384
2. Salaire, etc.	302,400 + 100,800		403,200	0,0504
3. Entretien, etc.	147,840 + 45,920		193,760	0,0242
4. Intérêts, amortissement, etc. . .	342,680 + 91,840		434,520	0,0543
Total. . .			1.338.680	0,1673

Dans la figure 2, les données de ce travail sont représentées graphiquement. La conclusion qui en ressort est que, pour les proportions adoptées, l'exploitation électrique par câbles, pour un trafic kilométrique d'environ 5.5 millions de tonnes, se présente comme plus avantageuse que l'exploitation par toueurs; et qu'au contraire, l'agrandissement du profil et l'exploitation au moyen de toueurs d'une

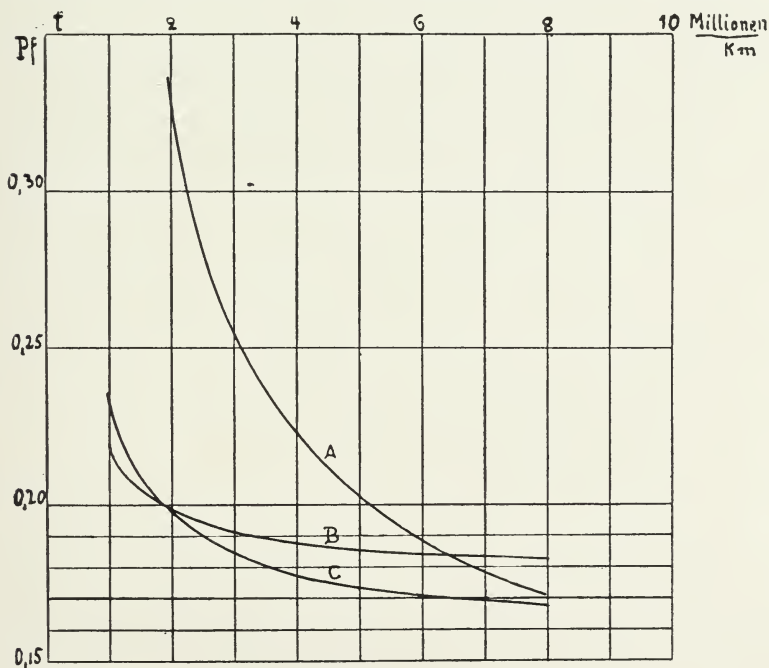


Fig. 2.

Représentation des frais nets de traction en pfennings par ton. kilom. de charge :

A) Exploitation par câbles électriques avec un profil normal de canal et des bateaux de 667 tonnes ;

B) Exploitation par tonnage à vapeur, dans les mêmes conditions ;

C) Exploitation par tonnage à vapeur avec un profil de canal approfondi de 0.5 m. et des bateaux de 800 tonnes, en rapport avec l'importance du trafic kilométrique en millions de tonnes.

plus grande puissance, se justifient déjà pour un trafic kilométrique d'environ 2 millions de tonnes. Pour les canaux de moindres dimensions que ceux qui ont été choisis, l'emploi des câbles électriques sera naturellement déjà avantageux pour les trafics de moindre importance, et cela d'autant plus que la charge à transporter par train sera moindre. Un approfondissement des canaux existants ne pourra s'exécuter, dans la plupart des cas, qu'à un prix relativement très élevé, de sorte qu'il ne sera que rarement opportun ; mais pour ce qui concerne l'idée de donner une plus grande profondeur aux canaux à créer, il faut encore tenir compte de ceci, qu'outre la diminution des frais de touage, on en obtiendrait encore une analogue sur les frais de transport, par suite de la plus grande capacité des bateaux.

FERDINAND THIELE.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

- I. Section : Inland Navigation
2. Communication
-

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY

OF THE

Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

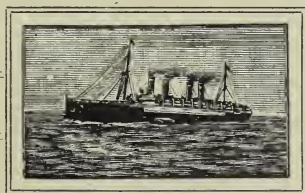
REPORT

BY

B.-H. THWAITE

Assoc. M. Inst. C. E.

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ERRATA

Railway Freight.

*Charges per ton per mile, raw materials
in bulk.*

United States of America.	0.25 penny
Germany	0.3 penny
France	0.5 penny
Great Britain.	0.75 penny

Electric Canal Freight.

*Charges per ton per mile speed 2 1/2 miles
an hour.*

0.032 penny or 1/8th Railway charges in the United States of America.
0.032 penny or 1/10th Railway charges in Germany.
0.032 penny or 1/16th Railway charges in France.
0.032 penny or 1/23rd Railway charges in Great Britain.

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY
OF THE
Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

REPORT

BY

B.-H. THWAITE

Assoc. M. Inst. C. E.

**The Electrification of Canals and other Inland
Navigable Waterways.**

The mechanical displacement of Horse Haulage.

Although the displacement of the horse, as the source of tractive effort on inland navigable waterways, has been made economically possible, as a result of the perfection of electrical agencies for converting and transmitting dynamic power — and in the generators of this dynamic power by the direct combustion in internal combustion engines of fuel gas generated from coal or vapour from liquid hydrocarbons — nevertheless, the difficulties of the application are very real and very difficult — and probably in no country more than in the United Kingdom of Great Britain and Ireland. The failures of many attempts to displace the horse by mechanical means made during the last hundred years, may be traced to the inadequate conception of the difficulties of the problem which are briefly set forth as follows : —

The difficulties of the problem of Canal Electrification.

1st. Most of the canal-systems pass through populous areas of villages, towns, and cities, and buildings of various kinds fringe or skirt the canal borders, so that the appreciation of the value of such property would be very considerable, and make any enlargement of the canal or its tow-paths economically impossible.

2nd. The intersection of streets and important thoroughfares by the canal system, for which the gradient has originally been fixed by the height of the canal bridges, would make any change in either the width or height of the Canal Bridge practically impossible.

3rd. The width of the haulage or towpaths has been fixed within the more or less narrow limits required for the passage or movement of horses under bridges. There is often only space for the passage of one horse.

4th. The constructional character of the tow-paths is very imperfect, and quite unsuitable as it exists for any mechanical scheme of traction, involving weight, adhesion, or the absorption of any portion of the tow-path area.

5th. The height of the bridges was originally fixed to secure head room for the movement of the boat horse.

6th. The construction of the locks would alone prevent any drastic alteration in the draught of the canal, except at very great cost; and the change in the level of the side paths at the locks must be taken into account in any new mechanical system.

7th. The traffic arrangements of many British Canals is of a dual character. Some of the boats are privately owned by Canal Traders, the others are the property of the Canal Company, so that any scheme of haulage transformation should permit the private trader to use his horse-traction system.

8th. The boats on British Canals are broadly of two kinds, the broad and the narrow, carrying respectively 10 tons and 40-50 tons; and their stern formation is ill fitted for the employment of any system of screw propellers.

9th. The construction of the waterway of the Canals is rarely of masonry; it is simply an excavated trench, the sides and bottom of which would be rapidly eroded by the effect of the swirl due to the movement of a screw propeller, and which would very soon undermine the side path formation.

The foregoing statement defines in more or less perfect measure the problems and difficulties that have to be faced by any new system to secure the approval of Canal traders.

What applied science should provide for our Canal system.

If the new system is to take advantage of the results of applied science of the last half century, it should provide for existing canal systems:—

First: A haulage energy at a very considerable reduction in cost, compared with horse haulage. Second: Permit boats of very small tonnage capacity to be electrically hauled at practically the same cost per ton as boats of large tonnage capacity. Third: Be reliable all through the year. Fourth: Secure the highest speed possible, without involving excessive

wash of the banks or overflow on to the tow-paths in tunnels or under bridges. Fifth : Provide economic electric power and lighting facilities throughout the canal system. Sixth : Provide elevating and transport services for warehouses. Seventh : Provide convenient and rapidly effective and economic power services for lock operations. Eight : Provide advantageous facilities for rapidly removing ice.

The system should moreover involve no material change in the constructional character of the Canal System. The characteristic methods by which the electrification of inland navigable waterways may be effected are categorically described as follows : —

A) The employment of a haulage chain dragged electrically along the bed of the canal. The boats are leashed to this chain. This system is only applicable to short, straight lengths of waterways.

B) The employment of a screw propeller electrically driven by means of accumulated dynamic energy stored in the boat to be propelled.

C) Similar method of propulsion, but the electric energy transmitted by aerial conductors and with a trolley equipment.

D) The employment of B. or C. systems applied *to a special haulage boat*, that acts, as do tugs for existing canal boats or barges.

E) The use of electric tractors or haulage locomotives, running on double tracks, laid upon the canal tow-paths, and relying either on their weight alone for tractive adhesion, or on rack or toothed rails.

F) The use of small tractor locomotives travelling upon two sets of steel girders laid on the side paths, one set of the girders being placed at a higher level than the other, so that the motors can travel in either direction without the haulage ropes becoming entangled.

G) The service of two light, steel girders superposed or mounted at different heights on supporting standards, which are located close to the outside boundary of the side path. Light electric loco motors (electric horses they are called) travel on the girders, and rely upon grip wheels for their adhesion, which is exerted automatically in proportion of the haulage effort required to haul the boat.

Before analysing the comparative merits of the different methods of canal haulage and canal boat propulsion, it is as well to remember that the character of traffic on many of the Canal

Systems, makes the retention of the present horse traction system imperative, at least until traffic arrangements with the adopted new and applied system of haulage permit private owners of boats to fall into line with the new system. Further the new haulage system selected, and for the same trading reasons, should not involve any change in the boats or barges, such as would involve the application of the screw propeller.

A comparison can now be drawn between the different systems in their alphabetically defined sequence ; A. B. & C. The system A. is inapplicable to the majority of British canals. The systems B., C., and D. are also more or less inapplicable to British and Irish canals. *Firstly*. Because the employment of a screw propeller would involve serious structural changes in existing canal boats and barges. *Secondly* : The electric motor would be tied down to one boat service. *Thirdly* : There would be a loss of dynamic energy, owing to the slip of the screw of from 50 % to 70 %. If accumulators were used there would be an additional loss of energy. *Fourthly* : The character of construction of many canals would not permit screw propellers to be employed, because of the washing away effect on the banks.

The trolley system C. of transmission, would probably prove to be applicable in few instances, owing to tunnel and bridge difficulties.

The system D. has the advantage that the electric haulage towing boat, would be set at liberty for other services during the time the freight boat was receiving or discharging cargo. This towing boat could, moreover, be equipped with an electric crane and other methods of transport, and several boats could be hauled together ; but the expense of providing special haulage or towing boats would be very considerable. The losses by slip of propeller and washing away of banks would be lessened by the system of towing electric propeller boats, in proportion to their power of haulage of more than one cargo filled boat or barge.

The system E. would involve the almost entire reconstruction of many of our British canal tow-paths to support the permanent way and weight of the electric tractors, which must be adequate per se to provide sufficient adhesive power to haul the canal boats. As the electric tractors must travel in two directions, the towing paths must be widened to allow the tractors to pass each other. The contracted areas of the existing tow-paths, not to mention the tunnel and bridge difficulties, would

make the system under review quite impracticable for the majority of British Canals. Any system that is to secure general adoption for canal systems must be generally applicable to all kinds of navigable inland waterways. Besides, in this system E., the fact that a considerable proportion of the available electric energy potential, would be absorbed in overcoming the inertia of the tractors, in addition to overcoming that of the canal freight filled boat or barge, is a serious economic disadvantage. Further this E. system, would involve the employment of a driver for each electric tractor, besides requiring another man on the boat, and the system could not be run *pari passu* with horse traction.

System F. differentiates from that defined as E. in the provision of two levels of haulage permanent-ways, facilitating the passage of two boats. The system would, moreover, not involve the same proportion of tow-path reconstruction, as the ends of the steel girders would alone require to be supported. With this exception, system F. possesses all the disadvantages allocated to the E. system.

The system described under the letter G. would not involve in its practical application the reconstruction of the tow-path, because the motor tractor rails are carried by light steel joists or girders, supported at two levels on posts 15 metres apart. This system absorbs very little of the limited tow-path area available, and does not materially interfere with the movement of horses ; and it permits both electric and horse traction to be carried on until the electric transformation is completed. Again because the electric tractors are very light, the necessary adhesion being obtained by grip wheels, therefore practically only the energy required to actually haul the boat and its cargo is required, so that the nett haulage efficiency will be altogether superior to the other systems analysed.

Description of a general Canal Electrification Scheme.

The design for a project of the G. system, which is known as the System Thwaite-Cawley, contains the following features :— The Electric Power Generating Stations are located along the canals divided by distances not exceeding 50 miles. The power is developed in internal combustion engines, the output of which automatically synchronises with the demand, so that there is practically no waste of energy in stand-by losses and that involved in charging, or discharging boats and in lock passing operations. The electro-dynamic energy (3 phase) is transmitted at high

pressure, and transformed down to direct-current at low pressure, at well selected points along the canal route.

Canal Electrifications provides other valuable advantages.

The electric energy is not only intended to be absorbed in boat or barge haulage, but it is also available for the aerial electric transport of light goods. The accomplishment of this service merely involves the extension of the height of the standards, carrying the rails, by a few feet. The Canal Freight Organisation can receive and despatch light goods by this aerial transport system, the heavier and bulkier traffic being transported by the electrically hauled canal boats.

The electric energy transmitted by the service conductors can also be sold to agriculturists for all farm requirements, and to horticulturists and floriculturists for stimulating vegetable, fruit and flower growth. It can be applied to all canal services calling for power, for actuating lock gates and sluices, revolving capstans, can provide all the energy for warehouse lifting and transport services, and during wintry weather it can be employed for actuating ice cutting and for ice melting. The facilities for effective illumination would improve the service; and a small reflector arc lamp on the tractor would illuminate both the boat and the tow-path.

Advantages possessed by the G. Canal Electrification system.

The following are the salient advantages possessed by the G. system. Existing boats and barges require no alteration. Small express boats can be provided with tractors of proportionate powers. One cannot split a canal boat horse into half; but a grip tractor can be made proportionate to the haulage power it has to satisfy. Delays in the passing of electric tractors of horses in haulage service are obviated. Bridges and tunnels cause neither difficulty nor delay. The service of the tractor need not wait on boats during discharging or taking in freight; and in comparison with steam driven electric generators, or with steam boilers on tugs, there is no waste of heat or electric energy when the tractor is stationary.

Financial Comparison of the G. System with that of existing Horse Traction (British Traction).

Basis of Comparison.

Each barge or boat being towed by one horse in 10 mile stages : 3 stages being the distance basis, and 1 stage being the day's work of a horse.

HORSE HAULAGE. Cost per ton mile (30 miles run) is equal to 0.077^d. Time occupied 15 hours.

ELECTRIC HAULAGE. (F. System). Under identical conditions as horse haulage, except that the time occupied is reduced to 12 hours. Cost per ton mile will be 0.023^d.

The same, but with speed increased, so that the time occupied is reduced to 7 1/2 hours, the cost per ton mile is increased to 0.041^d.

It is obvious that the speed practicable on ordinary canals is very limited, because of the overflow on, or wash-over of the banks that is produced when the boat speed exceeds 4 miles an hour, and besides the speed is limited in proportion to the number and distance apart of the locks.

Comparison of Freight Charges.

Electrified Canal Steam Locomotive Railway Systems.

The following is a generally accurate comparison of the freight charges commercially possible by an Electrified (G.) Canal System, with the freight charges for raw materials levied by the Railway systems of France, Germany, the United States, and Great Britain.

Railway Freight.	Electric Canal Freight.
<i>Charges per ton per mile, raw materials in bulk.</i>	<i>Charges per ton per mile speed 2 1/2 miles an hour.</i>
United States of America 0.25 penny = 0.032 penny or 1/8th	Railway charges in the United States of America.
Germany 0.03 penny = 0.032 penny or 1/10th	Railway charges in Germany.
France 0.05 penny = 0.032 penny or 1/16th	Railway charges in France.
Great Britain. 0.75 penny = 0.032 penny or 1/23rd	Railway charges in Great Britain.

In the United States of America, the employment of very powerful freight engines and high or 50-ton capacity freight cars, has reduced the net freight cost for raw and heavy manufactured materials very considerably ; and, as the author has

frequently demonstrated, the low freight charges of most of the American Railway Companies partly explain the industrial progress of the Great Republic of the West. Unfortunately the dimensional proportions of the bridges and tunnels of most of the European and British Railways, would make the complete Americanisation of European Railways (Freight Department) a very costly undertaking ; but the tendency of the most progressive of our Railway Administrations is to go as far in adopting Western ideas as possible ; and it may be anticipated that the freight charges of the French and British Railways will in the near future be reduced down to the level of those in force in Germany ; but even were such reductions effected, there still remains a very striking economic difference in favour of the canal electric haulage (G) system. Nevertheless, the probable reduction of freight charges on European Railways to meet the exigencies of the severe Western industrial and commercial competition, makes it imperative that the *most economical system* of Canal Electricification *shall alone be adopted*.

The success of the petrol motor omnibuses and petrol wagons, had prompted the suggestion that this agent of propulsion or haulage should be harnessed for Canal propulsion or haulage service. Unfortunately all the disadvantages of screw propulsion categorically defined, are equally applicable if the petrol motor displaces the electric one. The petrol power-agent might, however, be employed for light haulage effort on the tow-path ; and it is possible to conceive that a rack or grip haulage petrol system might be arranged that would compete, under certain circumstances, with the electric system. But the economic advantages of concentration in power production arranged to supply the varying power demands as they arise, and this without involving energy loss, will remove the possibility of economic displacement of the electric haulage system by the petrol motor, or, indeed, any other system, for canals, at any rate as they exist in Great Britain.

The electrification of canals, with all the perfections in application, that the last 40 years have produced in electro-technics, will bring the inland water transport system into line with that of the best electric railway system, and ahead of the steam locomotive railway system in possible thermo-dynamic efficiency, for transporting raw, heavy, and delicate or easily breakable kinds of merchandise, where time is not so much the question as is cheapness of transport and safety from breakage or damage

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES
CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure
2. Communication

ETUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX

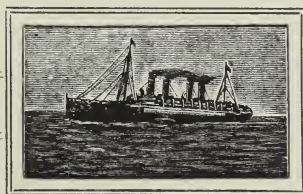
sur les fleuves, les canaux et les lacs

RAPPORT

PAR

M. B. THWAITE

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES
IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



L'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ AUX CANAUX

et autres voies navigables intérieures

RAPPORT

PAR

M. B. H. THWAITE

Remplacement des chevaux de halage par la traction mécanique.

Bien que le remplacement des chevaux par un autre procédé de traction sur les voies navigables intérieures, soit devenu possible économiquement, grâce au perfectionnement des appareils servant à la transformation et à la transmission de l'énergie électrique, comme à celui des générateurs de cette force par le moyen de la combustion directe, dans des appareils de combustion interne, de gaz combustible extrait du charbon ou de vapeur d'hydrogènes carbonés liquides, néanmoins les difficultés de l'application sont très réelles et très sérieuses, et probablement elles ne le sont nulle part autant que dans le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande.

L'échec des diverses tentatives faites durant cette dernière centaine d'années pour remplacer les chevaux par des moyens mécaniques, peut être attribué à une conception imparfaite des difficultés du problème, que nous résumons comme suit :

Les difficultés du problème de l'application de l'électricité aux canaux.

1° Beaucoup de systèmes de canaux passent par des régions semées de villages et de villes, où de nombreuses constructions bordent les rives du canal, de sorte que l'évaluation de semblables propriétés serait très considérable et rendrait tout élargissement du canal ou de ses chemins de touage économiquement impossible.

2° L'intersection, par le canal, de rues et d'importants passages, dont la pente a été fixée originairement par la hauteur du pont du canal, rend tout changement dans la largeur ou la hauteur de ce pont pratiquement impossible.

3° La largeur des chemins de halage ou de touage a été fixée dans les limites plus ou moins étroites exigées pour le passage de chevaux sous les ponts. Il n'y a souvent place que pour le passage d'un seul cheval.

4° Le caractère de la construction des chemins de touage est fort imparfait et ne convient guère, tel qu'il est, à un système mécanique de traction, basé sur la pesanteur, l'adhérence ou l'absorption de quelque partie de la surface du chemin de touage.

5° La hauteur des ponts a été originairement fixée de façon à laisser à la tête du cheval pleine liberté de mouvements.

6° La construction des écluses suffirait, à elle seule, à moins de très fortes dépenses, à empêcher tout changement radical dans le plan du canal ; et le changement de niveau des chemins longeant les écluses doit être pris en considération dans tout nouveau système de halage mécanique, comme différant de la traction animale.

7° Les arrangements conclus pour le trafic, sur beaucoup de canaux britanniques, offrent un double caractère. Certains bateaux sont la propriété de trafiquants ; les autres appartiennent à la Compagnie du canal ; de sorte que tout projet de transformation du halage doit permettre aux trafiquants propriétaires de bateaux de continuer à user du système de traction chevaline.

Les bateaux des canaux britanniques sont de deux sortes : les larges et les étroits, portant respectivement 10 et 40-50 tonnes, et la forme de leur arrière est peu propre à l'emploi d'un système quelconque de propulseur à vis.

9° La cunette des canaux est rarement maçonnée : c'est simplement une tranchée dont les côtés et le fond seraient rapidement érodés par l'effet du remous, dû au mouvement de la vis de propulsion et qui ne tarderait pas à miner aussi les chemins de halage.

L'exposé ci-dessus détermine, d'une manière plus ou moins parfaite, les problèmes et les difficultés qui doivent être résolus par tout nouveau système, pour obtenir l'approbation de ceux qui usent des canaux.

*Ce que la science appliquée peut faire en faveur
de notre système de canaux.*

Si le nouveau système profite des résultats obtenus par la science appliquée dans ce dernier demi-siècle, voici ce qu'il pourra réaliser dans les canaux existants :

1° Procurer une force de traction à un prix considérablement réduit, relativement à la traction chevaline ; 2° permettre aux bateaux d'un très faible tonnage d'être halés électriquement à un prix, par tonne, pratiquement le même que pour les bateaux d'un fort tonnage ; 3° fonctionner sans interruption durant toute l'année ; 4° assurer la plus grande vitesse possible sans provoquer une érosion excessive des berges et sans inonder les chemins de touage dans les tunnels ou sous les ponts ; 5° fournir des services d'élévation et de transport pour les entrepôts ; 7° fournir, à prix modéré, des services de force appropriés aux manœuvres des écluses, et d'une action rapide ; 8° procurer des facilités pour écarter rapidement la glace.

En outre, il faut que le système n'implique aucun changement matériel dans le caractère de la construction du système de canaux.

Les méthodes caractéristiques par lesquelles peut être effectuée l'application de l'électricité aux voies navigables intérieures sont catégoriquement définies comme suit :

A. L'emploi d'une chaîne de halage tirée électriquement le long du lit du canal. Les bateaux sont attachés à la chaîne. Ce système est seulement applicable à de courtes sections en ligne droite.

B. L'emploi d'une vis de propulsion mise en mouvement par l'électricité, au moyen d'énergie dynamique accumulée, emmagasinée dans le bateau.

C. Une méthode analogue de propulsion, l'énergie électrique étant transmise par des conducteurs aériens avec un appareil de trolley.

D. L'emploi des systèmes B ou C appliqué à un bateau de halage spécial, qui agit à la manière des remorqueurs pour les bateaux ou barques de canal actuels.

E. L'emploi d'appareils électriques de traction ou de locomotives de halage roulant sur une double voie établie sur les chemins de touage du canal, l'adhérence étant obtenue par le poids seul de la machine, ou par une roue dentée ou des rails à crémaillère.

F. L'emploi de petites locomotives de traction roulant sur une double paire de rails d'acier, posés sur les chemins le long du bord, l'une de ces paires de rails étant placée à un niveau plus élevé que l'autre, de façon à ce que les moteurs puissent rouler dans l'une et l'autre direction sans que les chaînes de touage s'entremêlent.

G. L'usage de deux légers rails d'acier superposés ou montés à des hauteurs différentes sur des supports qui sont placés tout près de la limite extérieure du chemin de halage. De légers locomoteurs (on les appelle chevaux électriques) roulent sur ces rails et des roues dentées assurent leur adhérence, laquelle s'effectue automatiquement, en proportion de l'effort exigé pour le halage du bateau.

Avant d'analyser les mérites comparatifs des diverses méthodes de halage sur les canaux et de propulsion de bateaux, il est nécessaire de rappeler que le caractère du trafic sur plusieurs des systèmes de canaux, rend impératif le maintien du système actuel de traction chevaline, jusqu'à ce que des transactions concordant avec l'adoption et l'application du nouveau système de halage permettent aux particuliers propriétaires de bateaux de se rallier au nouveau système. Ensuite, le nouveau système de halage adopté ne doit impliquer aucun changement à introduire dans les bateaux ou barques, comme ce serait le cas avec un propulseur à vis.

Une comparaison peut maintenant être faite entre les différents systèmes, en suivant l'ordre alphabétique :

A, B et C. — Le système A est inapplicable à la majorité des canaux britanniques.

Les systèmes B, C et D sont également plus ou moins inapplicables aux canaux britanniques et irlandais : 1° parce que l'emploi d'une vis de propulsion impliquerait de sérieux changements de structure dans les barques et bateaux de canal existants ; 2° le moteur électrique restreindrait son action à la traction d'un seul bateau ; 3° il se produirait, par suite du glissement de la vis, une perte d'énergie dynamique de 50 % à 70 %. Si l'on faisait usage d'accumulateurs, il y aurait une perte additionnelle d'énergie ; 4° le caractère de la construction de beaucoup de bateaux de canal ne permettrait pas l'emploi de vis de propulsion, à cause de l'effet d'érosion sur les berges.

Le système de transmission C, avec trolley, ne se trouverait probablement applicable que dans peu de cas, à cause des difficultés offertes par les tunnels et les ponts.

Le système D offre cet avantage que le bateau-toueur élec-

trique serait disponible pour d'autres services durant le temps que le bateau affrété recevrait ou délivrerait sa cargaison. Ce bateau-toueur pourrait, en outre, être muni d'une grue électrique et d'autres appareils de transport, et plusieurs bateaux pourraient être halés ensemble ; mais l'achat de bateaux spéciaux de halage ou de touage occasionnerait une dépense considérable.

Les pertes provenant du glissement du propulseur et de l'érosion des berges seront atténuées par le système de bateaux de touage à propulsion électrique, en proportion de leur aptitude à haler plus d'une barque ou bateau chargé.

Le système E impliquerait la reconstruction presque totale de beaucoup de chemins de touage de nos canaux britanniques, afin de les mettre en état de supporter la voie permanente et le poids des machines de traction électrique, lequel doit être calculé de façon à produire une adhérence suffisante pour le halage des bateaux du canal. Comme les machines de traction électrique doivent marcher dans les deux directions, les chemins de touage doivent être élargis de façon à permettre aux machines de passer l'une à côté de l'autre. Les dimensions restreintes des chemins de touage existants, sans parler des difficultés offertes par les tunnels et les ponts, rendront le système en question presque impraticable pour la majorité des canaux britanniques. Or, tout système qui aspire à être généralement adopté dans les systèmes de canaux, doit être applicable à toute espèce de voies navigables intérieures. En outre, dans ce système E, le fait qu'une considérable proportion de l'énergie potentielle électrique disponible sera détournée pour vaincre l'inertie des machines de traction, ainsi que celle des barques ou bateaux chargés, constitue un sérieux désavantage économique. Enfin ce système E implique l'emploi d'un conducteur pour chaque machine de traction électrique, en même temps qu'il faut un autre homme pour le bateau, et le système ne peut pas être employé *pari passu* avec la traction chevaline.

Le système F diffère de celui désigné par E, en ce qu'il établit deux niveaux des voies permanentes de halage, facilitant ainsi le passage simultané de deux bateaux. En outre, ce système n'impliquerait pas, dans la même proportion, la reconstruction des chemins de touage, les extrémités seules des rails d'acier ayant besoin de support. Sauf cette exception, le système présente tous les désavantages du système E.

Le système désigné par la lettre G n'implique pas, dans son application pratique, la reconstruction du chemin de touage,

parce que les rails du moteur qui opère la traction porteront sur de légères traverses d'acier supportées, à deux niveaux, par des poteaux espacés de 15 mètres. Ce système absorbe très peu de l'espace limité disponible des chemins de touage et n'empêche pas, matériellement, le mouvement des chevaux ; il permet d'effectuer simultanément la traction électrique et la traction chevaline, jusqu'à l'achèvement de la transformation électrique. En outre, vu que les machines de traction électrique sont trop légères, l'adhérence nécessaire étant obtenue par des roues dentées, on n'a besoin, en pratique, que de l'énergie actuellement nécessaire pour haler les bateaux et leur cargaison, de sorte que l'effet utile du halage sera de beaucoup supérieur à ce qu'il serait dans les autres systèmes analysés.

Description d'un plan d'application générale de l'électricité aux canaux.

L'esquisse d'un projet du système G, connu sous le nom de système Thwaite-Cawley, comporte les indications suivantes :

Les stations génératrices de la force électrique sont placées le long des canaux et séparées par des distances n'excédant pas 50 milles. La force est développée en des machines à combustion interne, où l'émission coïncide automatiquement avec la demande, de sorte qu'il n'y a, en pratique, aucun gaspillage d'énergie par suite de déperditions et à l'occasion des opérations de chargement, de déchargement et de passage des écluses. L'énergie dynamique électrique (triphasee) est transmise à haute pression, et transformée en courant direct à basse pression, à des points bien choisis le long de la route du canal.

L'application de l'électricité aux canaux assure d'autres avantages marqués.

L'énergie électrique n'est pas seulement destinée à être employée au halage des bateaux ou des barques, mais elle peut être encore utilisée au transport aérien de légers colis. L'établissement de ce service implique seulement la surélévation, de quelques pieds, des poteaux supportant les rails. Le bureau d'affrètement du canal peut recevoir et expédier de légers colis par ce système de transport aérien, le transport des marchandises plus lourdes et plus volumineuses étant effectué par les bateaux de canal halés électriquement.

L'énergie électrique transmise par les conducteurs du service peut aussi être vendue aux agriculteurs pour tous les travaux de leur ferme et aux horticulteurs et floriculteurs pour stimuler la croissance des légumes, des fruits et des fleurs. Elle peut être appliquée à tous les services de canaux réclamant l'emploi d'une force, pour mettre en mouvement les portes des écluses, pour virer les cabestans ; elle peut assurer tous les services d'élévation et de transport dans les entrepôts, et durant la saison d'hiver, elle peut être employée à couper et à liquéfier la **glace**.

Les facilités d'éclairage amélioreront le service et un petit réflecteur, formé d'une lampe à arc, sur la machine de traction, éclairera à la fois le bateau et le chemin de touage.

Avantages offerts par le système G. d'application de l'électricité aux canaux.

Les avantages saillants du système G. sont les suivants :

Les barques et bateaux existants ne doivent subir aucune modification. De petits bateaux express peuvent être pourvus de machines de traction de force proportionnelle. On ne peut pas partager en deux un cheval de bateau, mais une machine à roue dentée peut être construite de façon à correspondre à la force de traction qu'on en exige. On évite les délais pour le passage de la traction chevaline à la traction électrique. Les ponts et les tunnels ne peuvent occasionner aucune difficulté, ni aucun délai. Le service de la machine de traction ne doit pas attendre les bateaux durant le chargement ou le déchargement du fret ; et, en comparaison avec les générateurs électriques mus par la vapeur, ou avec les remorqueurs à chaudière à vapeur, il n'y a aucune déperdition de chaleur ou d'énergie électrique quand la machine de traction est stationnaire.

Comparaison financière du système G. avec le système existant de traction chevaline.

Base de comparaison.

Chaque barque ou bateau étant toué par un cheval, en des étapes de 10 milles ; trois étapes étant la base de distance, et une étape étant le travail journalier d'un cheval.

HALAGE AU MOYEN D'UN CHEVAL. — Coût par tonne-mille

pour un trajet de 30 milles) : 0.077 d. Temps employé : 15 heures.

HALAGE ÉLECTRIQUE (F.-système).— Dans des conditions identiques au halage au moyen d'un cheval, avec cette différence que le temps employé est réduit à 12 heures. Coût par tonne-mille : 0.032 d.

Le même trajet, mais avec accroissement de vitesse, de façon à ce que le temps employé soit réduit à 7 1/2 heures. Le coût par tonne-mille monte à 0.041 d.

Il est à remarquer que la vitesse qu'on peut déployer dans les canaux ordinaires est fort limitée, en suite de l'inondation ou de l'érosion qui se produit lorsque la vitesse du bateau dépasse 4 milles à l'heure et, en outre, la vitesse est encore réduite en proportion du nombre des écluses et de la distance qui les sépare.

Comparaison des frais de transport par canaux avec emploi de l'électricité, et par chemins de fer avec des locomotives à vapeur.

Ce qui suit est une comparaison généralement exacte des tarifs de transport commercialement possibles, pour un système de canaux avec emploi de l'électricité, comparativement avec les tarifs pour matériaux bruts en tas transportés par les lignes de chemins de fer de France, d'Allemagne, des Etats-Unis et de la Grande-Bretagne :

Fret par chemin de fer.	Fret par canal avec application électrique.
<i>Tarif par tonne et par mille des matériaux bruts en tas.</i>	<i>Tarif par tonne et par mille, vitesse 2 1/2 milles à l'heure.</i>
Etats-Unis d'Amérique .	0.25 penny = 0.032 penny ou 1/8 du tarif des chemins de fer des E. U.
Allemagne.	0.3 penny = 0.032 penny ou 1/10 du tarif des chemins de fer en Allemagne.
France	0.5 penny = 0.032 penny ou 1/16 du tarif des chemins de fer en France.
Grande-Bretagne . . .	0.75 penny = 0.032 penny ou 1/23 du tarif des chemins de fer dans la Grande-Bretagne.

Aux Etats-Unis, l'emploi de très puissantes machines et de wagons de marchandises de 50 tonnes, a considérablement réduit le coût net du transport des matériaux bruts et des lourds

matériaux manufacturés, et comme l'auteur l'a fréquemment démontré, les bas tarifs de marchandises de la plupart des Compagnies américaines de chemins de fer expliquent en partie les progrès industriels de la Grande République de l'Ouest. Malheureusement, les dimensions des ponts et des tunnels de la plupart des chemins de fer européens et britanniques feraient de la complète américanisation des chemins de fer européens (département des marchandises) une entreprise très coûteuse ; mais la tendance des plus progressives entre nos administrations de chemins de fer, est d'aller aussi loin que possible dans l'adoption des idées occidentales, et il est à prévoir que les tarifs de marchandises des chemins de fer français et britanniques seront, dans un avenir prochain, abaissés au niveau de ceux en usage en Allemagne. Mais même si de telles réductions étaient opérées, il resterait une différence économique très frappante en faveur du système G. de halage électrique dans les canaux. Néanmoins, la réduction probable des tarifs de marchandises sur les chemins de fer européens, pour répondre aux exigences de la très rude concurrence industrielle et commerciale de l'Ouest, a pour conséquence forcée que *seul peut être adopté* le système le plus économique d'application de l'électricité aux canaux.

Le succès des omnibus et des wagons avec moteur à pétrole a suggéré l'idée que cet agent de propulsion ou de halage serait adopté à la propulsion ou au halage dans les canaux. Malheureusement, tous les désavantages de la propulsion à vis, catégoriquement exposés, sont également applicables au moteur à pétrole qui remplacerait le moteur électrique. Mais le moteur à pétrole peut toutefois être employé pour un léger effort de halage sur un chemin de touage ; et il est possible de concevoir un système de halage au pétrole, avec crémaillère à roue dentée, lequel, dans certaines circonstances, pourrait entrer en compétition avec le système électrique. Mais les avantages économiques de la concentration, dans une production de force disposée de façon à répondre aux demandes variées d'énergie lorsqu'elles se produisent, et cela sans impliquer de perte d'énergie, écarteront la possibilité d'un remplacement économique du système de halage électrique par le moteur à pétrole, ou par tout autre système pour canaux, du moins comme ils existent dans la Grande-Bretagne.

L'application de l'électricité aux canaux, avec tous les perfectionnements pratiques que les quarante dernières années ont apportés dans l'électro-technique, mettra le système des transports intérieurs par eau sur la même ligne que le meilleur système de

chemins de fer électriques, et au-dessus du système de locomotives à vapeur avec le maximum d'effet thermo-dynamique — pour le transport des marchandises brutes ou lourdes, comme pour les marchandises délicates et fragiles, où la question de temps est beaucoup moins importante que le bon marché du transport et l'absence de risque de bris ou de détérioration.

B. H. THWAITE.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX

sur les fleuves, les canaux et les lacs

RAPPORT

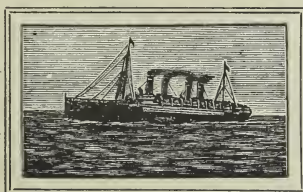
PAR

M. H. MERCZYNG

Ingénieur des Voies de communication,

Professeur à l'Institut des Ingénieurs des Voies de communication de Saint-Petersbourg

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



La Traction mécanique des Bateaux proposée en Russie

SUR LES

CANAUX CONTOURNANT LE LAC LADOGA

RAPPORT

PAR

H. MERCZYNG

Ingénieur des voies de communication

Professeur à l'Institut des ingénieurs des voies de communication à Saint-Petersbourg

La Russie possède un réseau immense de voies navigables, qui, par son étendue et par le trafic des marchandises, est un des premiers du monde. Mais, entre ces voies navigables, qui, au point de vue de l'importance, rivalisent avec les chemins de fer, il en est une surtout qui domine les autres. C'est celle qui va de la mer Caspienne à la mer Baltique, d'Astrakhan à Saint-Petersbourg. Sur un parcours de plus de 4,000 kilomètres, nous trouvons comme partie de cette voie, le grand fleuve Volga, qui, entre Rybinsk et Astrakhan, sur une distance d'environ 3,000 kilomètres, forme la principale artère du trafic ; et puis, après Rybinsk, lorsque le tirant d'eau des bateaux admissibles sur le Volga tombe au-dessous d'un mètre, le grand trafic se dirige vers Saint-Petersbourg par le système Marie, un grand système de voies navigables artificielles (canaux) et de rivières canalisées. Ce système, dont la longueur totale est de plus de 1.100 kilomètres, dirige le grand courant des marchandises sur Saint-Petersbourg.

Pour donner une idée de l'importance de la grande voie d'Astrakhan-Saint-Petersbourg, nous nous permettrons de citer ici quelques chiffres approximatifs, d'après la statistique officielle de 1901. L'exportation d'Astrakhan par le Volga était alors d'environ 300 millions de pouds de marchandises, c'est-à-dire d'environ 5 millions de tonnes (dans cette quantité, la plus grande partie était du naphthe et des produits de naphthe).

Le trafic allait en augmentant vers le Nord. A Nijni-Novgorod, par exemple, on avait déjà 340 millions de pouds de marchandises, mais dans leur masse, c'étaient déjà le blé et les céréales de toutes sortes qui prédominaient en une quantité dépassant 100 millions de pouds. Quoique beaucoup de voies ferrées prennent part au déchar-

gement des marchandises venant, par le Volga, directement sur Moscou et les ports de la mer Baltique, il en reste encore une grande quantité, qui, grâce au bas tarif des transports par eau, empruntent de préférence la voie de Rybinsk à Saint-Pétersbourg par le système Marie. Ce sont surtout les céréales, dans une quantité de 50 à 60 millions de pouds (1 million de tonnes) qui préfèrent la voie navigable, plus lente, mais moins coûteuse, à la voie ferrée; puis, à ce genre de marchandises arrivant du Volga, s'ajoutent encore les produits des immenses forêts entourant le système Marie, c'est-à-dire les bois de construction et de chauffage; enfin, dans une relativement petite quantité — une dizaine de millions de pouds environ — viennent s'ajouter d'autres marchandises, telles que les tuiles, l'argile, le sable, etc.; en général, les matériaux pour constructions.

Le système Marie, comme nous l'avons dit, consiste, sur son parcours d'environ 1,100 kilomètres entre Rybinsk et Saint-Pétersbourg, en rivières canalisées, en canaux dans le bief de partage, en rivières dans leur état naturel (comme la Néva, par exemple), et enfin, en canaux contournant les grandes mers d'eau douce, le Ladoga et l'Onéga. Ces grands lacs sont tellement dangereux pour le passage des bateaux fluviaux, qu'on a construit, depuis le commencement du XVIII^e siècle, une grande ligne, de plusieurs centaines de kilomètres, de canaux contournant ces lacs; il en existe, depuis la moitié du XIX^e siècle, une ligne double. Les canaux anciens, creusés au XVIII^e siècle, qui n'admettent que des embarcations dont le tirant d'eau est inférieur à 1 m. 70, servent maintenant pour le passage des radeaux et pour les bateaux vides, qui retournent de Saint-Pétersbourg (le trafic entre Pétersbourg et le bassin du Volga, par ces canaux, dans la direction opposée est tout à fait négligeable); les canaux nouveaux ont une profondeur plus grande (2 m. 13) et servent principalement au grand trafic des bateaux chargés, venant sur Pétersbourg. Ils sont aussi plus larges que les anciens; la largeur au plafond des nouveaux est de 25 m. 6; celle des anciens n'est que de 17 mètres. Avec ces chiffres, vu aussi la plus grande inclinaison des talus dans les nouveaux canaux, nous arrivons à une section vive dépassant 60 mètres carrés pour les nouveaux canaux et variant entre 31 et 36 mètres pour les anciens.

Le trafic sur les canaux se fait par les embarcations fluviales et par les radeaux (pour les bois). Les dimensions principales des bateaux faisant le service sont : longueur, environ 40 mètres, largeur 8 m. 50, tirant d'eau 1 m. 20 à 1 m. 80. La capacité utile d'un tel bateau est d'environ 300 à 500 tonnes. Mais, depuis ces derniers temps, on emploie aussi de plus grands bateaux de 800 tonnes, mesurant environ 64 mètres \times 9 m. 6 \times 1 m. 67. Tous ces bateaux sont en bois. Enfin

les radeaux ont pour dimensions usuelles 64 mètres \times 8 m. 5 et portent environ 330 tonnes.

Toutes ces embarcations ne sont pas automotrices et demandent une force, une source d'énergie pour être remorquées.

Pour le moment, sur tout le système Marie, le remorquage se fait par la force animale, traction chevaline, sauf un service de toueurs sur une des rivières faisant partie du système.

Mais les grands inconvénients de la traction animale, sa lenteur, les épizooties, l'impossibilité de fixer les taxes d'une façon légale pour les divers concurrents (1), etc., ont dirigé l'attention des gouvernements sur le remplacement de la traction animale par la traction mécanique.

L'auteur du présent travail a déjà été chargé, en 1894, d'une mission spéciale à l'étranger, pour étudier cette question en Belgique et en France; mais jusqu'ici la solution pratique du problème se fait encore attendre.

La solution de ce problème présente des difficultés d'un ordre économique et technique à la fois. C'est pourquoi on a proposé récemment la réunion d'un concours international pour les projets de traction mécanique. Comme cette proposition a des chances d'être adoptée, nous pensons que les membres du X^e Congrès International de Navigation trouveront un certain intérêt à être mis au courant de l'entreprise projetée, qui, une fois accomplie, sera, en Europe, la plus grande installation de traction mécanique sur voies navigables; car elle s'étendra à un parcours d'environ 170 kilomètres pour un trafic de 4 millions de tonnes.

Il faut encore ajouter que, pour le moment, il ne s'agit pas d'une installation de traction mécanique sur toute l'étendue du système Marie; cette installation, pour 1,000 kilomètres, demanderait des sommes énormes; on propose de se borner, au début, à organiser la traction mécanique pour les canaux contournant le Ladoga, sur une longueur de 170 kilomètres, où le trafic est le plus intense.

Le point de vue économique se résume dans le postulat que la traction mécanique doit être à bon marché. Quoique, d'après les données statistiques, le coût total du transport d'un poud de marchandises entre Rybinsk et Saint-Petersbourg soit un chiffre qui oscille autour de 10 kopecs, ce qui donne, vu la distance parcourue, un prix de transport de 1/100 de kopec par poud kilométrique, ou de $3/5$ kopec (= 1 $3/5$ centime) par tonne-kilométrique, les taxes pour la traction proprement dite n'entrent dans ce chiffre que pour une fraction

(1) On a eu en Russie une taxe soi-disant fixée; mais elle est établie seulement par entente des entrepreneurs entre eux, et acceptée par les autorités.

minime. D'après les mêmes données statistiques, le prix de la traction animale sur la plus grande partie des canaux contournant le Ladoga, n'est que d'environ 1/600 de kopec par poud-kilométrique ou de 1/10 de kopec par tonne kilométrique (1).

Si, après l'introduction de la traction mécanique, ce prix était dépassé, cela constituerait pour beaucoup de marchandises de peu de valeur et surtout pour les marchandises du trafic *local*, bois de chauffage et de construction, un tarif prohibitif. Mais, d'un autre côté, les céréales, c'est-à-dire les marchandises qui viennent de la Volga et peuvent déjà maintenant supporter le prix total de transport de 3/5 kopec par tonne kilométrique, profiteront de la traction mécanique, même s'ils devaient payer le triple de la taxe actuelle; ce qui n'augmenterait que de $170 \times 2 \times \frac{1}{600} = \frac{1}{2}$ kopec, le prix moyen du transport entre Rybinsk et Saint-Petersbourg, qui est d'environ 10 kopecs, et donnerait en revanche au transporteur la possibilité d'organiser le service des blés, comme on le fait sur les voies ferrées, avec des silos, des élévateurs, etc.; ce qui régulariserait toute cette grande branche du commerce national.

D'après les données de la pratique de l'Europe centrale, on peut supposer que le prix d'une traction mécanique bien organisée ne dépassera pas 1/480 de kopec par poud kilométrique ou 1/8 de kopec (= 1/3 centime) par tonne kilométrique.

Acceptant ce chiffre approximatif, comme valable aussi pour la Russie, nous pouvons trouver, d'après les données statistiques :

- a) Le revenu brut de toute l'entreprise;
- b) Les taxes admissibles, étant donné ce revenu, pour les trois grandes catégories de marchandises passant par les canaux :
 - 1° Céréales, marchandises de longue distance;
 - 2° Bois de construction, marchandise locale, mais d'un prix plus élevé;
 - 3° Bois de chauffage, tuiles, etc., marchandise locale à bas prix.

D'après les données de 1901, le trafic sur les canaux était, vu la longueur de la voie (170 kilomètres), d'environ 600 millions de tonnes kilométriques. Ce chiffre donne donc, comme revenu brut, par navigation de la traction animale, 600 millions $\times \frac{1}{10}$ de kopec, ou

(1) Ces chiffres sont basés sur le tarif d'un attelage de 6 chevaux, remorquant une péniche d'une capacité donnée. Mais, bien entendu, le même attelage remorque la péniche, dont le poids peut varier de 20 % en plus ou en moins; par suite de ce fait, les chiffres par poud-kilométrique ne sont pas d'une précision rigoureuse.

600,000 roubles (1,600,000 francs). Pour la traction mécanique, avec le prix de 1/8 kopec, ce revenu doit être de 750,000 roubles (2 millions de francs).

Le trafic total de 600 millions se compose :

1. De 150 millions de tonnes kilométriques de céréales (marchandises à prix plus élevé et venant de loin);

2. De 200 millions de tonnes kilométriques de bois de construction (marchandise à prix moyen, trafic local);

3. De 250 millions de tonnes kilométriques de bois de chauffage, tuiles, etc. (marchandises à bas prix, trafic local.

En nous basant sur ces chiffres, nous pouvons frapper :

a) Les céréales d'une taxe de $3/10$ de kopec par tonne kilométrique, ce qui donnera 450,000 roubles et ce qui sera tout à fait acceptable, vu tout ce que nous avons dit antérieurement, sur le coût total du transport des céréales de Rybinsk à Pétersbourg.

b) Les bois de construction, de la taxe, qui est maintenant en usage, de $1/10$ de kopec par tonne kilométrique, ce qui donne 200,000 roubles; enfin

c) Pour les 250 millions de tonnes kilométriques de marchandises à bas prix, nous pouvons réduire la taxe actuelle de moitié et la fixer à $1/20$ de kopec par tonne kilométrique, ce qui donne 125,000 roubles.

Au total, le revenu brut sera de 775,000 roubles, ce qui est suffisant pour l'installation de la traction mécanique.

En résumant notre exposition au point de vue économique, nous pouvons conclure que l'installation de la traction mécanique, qui, seule, donne la possibilité de varier les taxes de transport en fonction du prix de la marchandise, admet un prix moyen plus élevé que la traction animale, sans compter les autres avantages du système.

Revenant maintenant au côté purement technique du problème, nous devons noter que, dans le système Ladoga, une difficulté de l'application de la traction mécanique se trouve dans la répartition extrêmement inégale du trafic entre les divers mois de l'année. En premier lieu, comme on le sait, toute navigation chôme pour causes climatiques, durant une partie de l'année, sous le 60° degré de latitude boréale. On peut dire que la navigation n'existe pratiquement que depuis avril jusqu'à novembre et qu'elle chôme pendant cinq mois. Ensuite, pendant la période de navigation, la répartition du trafic est inégale. Le grand courant des céréales arrive seulement vers la fin de la navigation.

En tout cas, l'application de l'énergie électrique paraît indiquée pour la solution du problème; une grande usine électrique, si possible utilisant les chutes d'eau du Volkhof et débitant son énergie en hiver pour l'éclairage de la ville de Saint-Petersbourg, serait désirable au

point de vue économique, pour utiliser aussi en hiver son coûteux matériel.

Pour l'application de l'énergie à la traction, on peut proposer diverses solutions. Malheureusement, la solution qui donne, sous la direction habile de M. Léon Gérard en Belgique, des résultats si brillants — la machine de traction électrique — n'est pas admissible en Russie, vu l'état des berges des canaux. Il faudrait des sommes considérables pour construire un chemin de halage praticable pour ces lourds engins.

Il ne reste donc que la traction par remorqueurs (à vapeur ou électriques) ou par toueurs. Les remorqueurs sont très dangereux pour les canaux, vu l'état des berges : les canaux sont creusés dans un terrain vaseux et les berges ne sont pas protégées.

Une fois déjà, en 1880, pendant une navigation, l'admission des remorqueurs sur les canaux a détruit presque toutes les berges, et le Gouvernement a dû payer des sommes énormes pour le rétablissement du profil des canaux. Peut-être les remorqueurs de 1880 n'étaient-ils pas adaptés aux conditions locales; mais, en tout cas, avant d'admettre de nouveau les remorqueurs, il faut être bien sûr qu'ils ne feront pas de dégâts. Le touage électrique (système de Bovet ou un autre semblable) paraît le mieux convenir aux conditions actuelles, vu surtout la petite vitesse nécessaire (3 1/2 kilomètres par heure). Mais pour le touage, le prix élevé de la chaîne constitue aussi une objection sérieuse.

Nous avons signalé, dans ce court exposé, l'état actuel de la question et diverses solutions proposées. Peut-être les lumières des savants ingénieurs réunis de toutes les parties du monde au X^e Congrès international de navigation à Milan, nous donneront-elles des indications précieuses pour l'élaboration du programme d'un concours international pour ce vaste projet. En tout cas, nous pensons que s'il appert que le prix de revient de la traction mécanique sera en moyenne un peu plus élevé que celui de la traction animale, on peut tourner cette difficulté par une tarification dans le genre de celle que nous avons exposée. Ainsi, nous pouvons espérer que, sur nos voies navigables, l'énergie électrique jouera le même rôle brillant que celui que nous avons pu admirer, dans l'hospitalière Italie, sur les voies ferrées qui nous ont conduit à Milan.

UNIVERSITY OF ILLINOIS

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

- I. Section : Inland Navigation
2. Communication

AN ECONOMICAL AND TECHNICAL STUDY
OF THE
Mechanical Traction of Boats on Rivers, Canals and Lakes

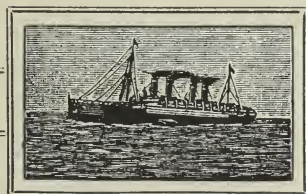
REPORT

BY

Mr. MERCZYNG

Engineer of Lines of Communication

*Professor at the Institution of the Engineers of Communication
at Saint-Petersbourg*



NAVIGARE

NECESSE

BRUSSELS
PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

Mechanical Traction of Boats proposed in Russia

ON THE
CANALS PASSING AROUND LAKE LADOGA

REPORT

BY

H. MERCZYNG

Engineer of Lines of Communication

Professor at the Institution of the Engineers of Lines of Communication at Saint-Petersbourg

Russia possesses an immense network of navigable highways, which, by its extent and its freight movement, is one of the greatest in the world. But, among these navigable highways, which, in the matter of importance, are rivals of the railways, there is one in particular which towers above all the others. It is the one which goes from the Caspian Sea to the Baltic, from Astrakhan to Saint-Petersburg. On this line, more than 4 000 kilometres long, is found the great Volga River which, between Rybinsk and Astrakhan, a distance of about 3 000 kilometres, is the main artery of trade; and then beyond Rybinsk, when the draft of the boats admissible on the Volga falls below one metre, the great traffic continues on toward Saint-Petersburg by the Marie system, a great system of artificial navigable highways (canals) and canalized rivers. This system, having a total length of more than 1,100 kilometres, carries the great freight current to Saint-Petersburg.

To give an idea of the importance of the great Astrakhan-Saint-Petersburg line, a few approximate figures, from the official statistics of 1901, may be quoted here. Exportations from Astrakhan by the Volga were then of about 300,000,000 poods of freight, or 5,000,000 tons, the greatest part of which was naphtha and naphtha products.

The amount of traffic increases as it goes north. At Nijni Novgorod, for example, it was already 340 million poods (=5,570,000 tons), but wheat and cereals of all sorts appeared, their amount being more than 100 million poods (=1,670,000 tons). Although many railway lines carry off freight coming,

by the Volga, to Moscow and the Baltic ports, there still remains a large amount which, by reason of the low water rates, prefers to take the line from Rybinsk to Saint-Petersburg by the Marie system. Grain especially, to the amount of 50 to 60 million poods (800,000 to 1,000,000 tons) prefers the slower but less costly water way to the railway. Then, to this kind of freight coming from the Volga must be added the products of the immense forests which surround the Marie system, that is, building and fire wood ; finally in relatively small quantities — about 10 million poods (=164,000 tons) — come other freights, such as tiles, clay, sand, &c. ; building materials in general.

The Marie system, as already said, is made up, in its 1,100 kilometres of length between Rybinsk and Saint-Petersburg, of canalized rivers, canals at the summit level, rivers in their natural state (the Neva, for example), and again canals passing round the great fresh water seas, Ladoga and Onega. These great lakes are so dangerous for the passage of river boats, that, since the beginning of the XVIIIth century, a great line of canals, some hundreds of kilometres long, has been built around them ; a double line has been in existence since the middle of the XIXth century. The old canals, dug in the XVIIIth century, which can only take in boats drawing less than 1 m. 70, are used now for the passage of rafts, and empty boats returning from Saint-Petersburg. (The return traffic, through the canals, from Saint-Petersburg to the Volga may be set entirely aside.) The new canals are deeper (2 m. 13) and are used mainly by loaded boats coming to Saint-Petersburg. They are wider also than the old ones ; the bottom width of the new canals is 25 m. 6 ; that of the old ones is only 17 metres.

these figures, and considering also the gentle slope of the sides of the new canals, a cross section of more than 60 square metres is found for these canals, while the cross section of the old canals varies between 31 and 36 metres.

The traffic of the canal is carried on by river boats and by rafts (for wood). The principal dimensions of the boats for this service are : length, about 40 metres, breadth 8 m. 50, draught 1 m. 20 to 1 m. 80. The useful capacity of such a boat is about 300 to 500 tons. But, latterly, larger boats of 800 tons, measuring 64 metres \times 9 m. 6 \times 1 m. 67, have come into use. All these boats are of wood. Finally, the usual dimensions of the rafts are 64 metres \times 8 m. 5, and their volume about 330 tons.

These boats are not all self-propelling and require a force, a source of energy to tow them.

For the time being, towing is done by horses over the entire Marie system, with the exception of one of the rivers of the system, where chain haulers are used.

But the great troubles of animal traction, its slowness, epizootics, impossibility of fixing rates in a legal way for the different competitors (1), &c., have called the attention of the governments to the subject of replacing animal traction by mechanical traction.

The author of the present report was sent aboard, in 1894, on a special mission to study this question in Belgium and France, but so far no practical solution of the problem has appeared.

The solution of the problem presents, at once, both economical and technical difficulties. This is why the proposition was made recently, to call for an international competition for projects for mechanical traction. As there are chances that this proposition may be adopted, it is thought that the members of the Xth International Navigation Congress may be interested to hear something about the projected enterprise, which, once completed, will be the greatest mechanical traction plant on navigable highways in Europe; because it will cover a length of about 170 kilometres for a traffic of 4 million tons.

It must be added that there is no question, for the moment, of establishing mechanical traction on the whole of the Marie system. Such a plant, for a distance of 1,000 kilometres would cost enormously; it is proposed to go no further, at the beginning, than to organize mechanical traction on the canals around Lake Ladoga, for a length of 170 kilometres, where the traffic is heaviest.

The economical view is summed up in the statement that mechanical traction should be cheap. Although, according to statistical data, the total cost of a pood of freight from Rybinsk to Saint-Petersburg is a little more or less than 10 kopecks (= \$ 0.14 1/8 per cwt) which gives for the entire distance a figure of 1/100 of a kopeck per kilometric-pood, or 3/5 of a kopeck (= 1 3/5 centime) per kilometric ton (2), in which the cost for traction proper only enters for an exceedingly small amount. According to the same statistical data, the cost of animal traction on the greatest part of the canals around Lake Ladoga, is

(1) There used to be in Russia a so-called fixed rate; but it was fixed only by agreement among the contractors, and accepted by the authorities.

(2) 1 pood = 16 kg. 38 = 36 lb. 12. 1 rouble = \$ 0.51. 1 kopeck = 1/100 rouble. 1 kilometre = 0 miles. 621. 1 metric ton (used here) = 2204.6 pounds.

only about $1/600$ of a kopeck per kilometric pood, or $1/10$ of a kopeck per kilometric ton (1).

If this price were exceeded after the introduction of mechanical traction, it would be a prohibitive tariff for a great deal of freight of small value and especially for *local* freight, such as building and fire wood. But, grain, that is to say, freight coming from the Volga and even now able to stand the total cost of transportation of $3/5$ kopecks per kilometric ton, will reap an advantage from mechanical traction, even if it had to pay three times the present rate, which would only increase by $170 \times 2 \times \frac{1}{600} = \frac{1}{2}$ kopeck, the mean cost of transportation between Rybinsk and Saint-Petersburg, which is about 10 kopecks, and would, *per contra*, make it possible for the transporter to organize wheat services, as the railways do, with elevators, storehouses, &c.; which would make regular all this great branch of national commerce.

According to the practical data of Central Europe, it can be supposed that the rate for well organized mechanical traction will not exceed $1/480$ of a kopeck per kilometric pood or $1/8$ of a kopeck ($= 1/3$ centime) per kilometric ton.

Accepting this approximate figure as good also for Russia, there can be found from the statistical data : —

- a) The gross revenue from the whole enterprise ;
- b) The admissible rates, given this revenue, for the great classes of freight passing through the canals : —

1. Grain, long distance freight ;
2. Building wood, local freight, but of higher price ;
3. Fire wood, tiles, &c., cheap local freight.

According to the data of 1901, the traffic on the canals, considering the length of the line (170 kilometres), about 600 million kilometric tons. Hence this figure gives, as gross revenue with navigation by animal traction $600 \text{ million} \times \frac{1}{10}$ kopeck, or 600,000

(1) These figures are based on the tariff for a team of 6 horses, towing a boat of a given capacity. But the same team tows the boat whose weight may vary by 20 % more or less; in view of this fact, the figures per kilometric pood are not rigorously accurate.

roubles (1,600,000 francs). For mechanical traction, with the price of $1/8$ of a kopeck, this revenue should be 750 000 roubles (2 millions francs).

The total traffic of 600 millions is made up of : —

1. 150 millions of kilometric tons of grain (highest-priced freight and coming from afar) ;

2. 200 millions of kilometric tons of building wood (average priced freight, local trade) ;

3. 250 millions of kilometric tons of fire wood, tiles, &c. (low priced freight, local trade).

Taking these figures as a basis, the following rates can be laid : —

a) Grain, with a rate of $3/10$ of a kopeck, per kilometric ton, giving 450 000 roubles which will be altogether acceptable, in view of what has been said before as to the total cost of transporting grain from Rybinsk to Saint-Petersburg.

b) Building wood, with the rate now existing, of $1/10$ of a kopeck, per kilometric ton, giving 200 000 roubles ; finally

c) For the 250 million kilometric tons of low-priced freight, the present tariff can be reduced one-half and placed at $1/20$ of a kopeck, per kilometric ton, giving 125 000 roubles.

The gross receipts will be in all 775 000 roubles, which is enough to install mechanical traction.

Summing up the matter from the economical standpoint, it may be concluded that the establishment of mechanical traction, which, alone, makes it possible to vary transportation in terms of the value of the freight, allows a higher average price than animal traction, to say nothing of the other advantages of the system.

Returning now to the purely technical side of the problem, it should be noted that, in the Ladoga system, one difficulty in the application of mechanical traction occurs in the extremely unequal distribution of the traffic among the different months of the year. In the first place, as every one knows, all navigation stops for climatic reasons, during a part of the year at 60 degrees of North latitude. It can be said that navigation exists practically only from April to November, and that it is

closed for five months. Then, during the time of navigation, the distribution of traffic is unequal. The great grain current comes on only toward the close of the season.

In any event, the application of electric energy seems to be pointed out for the solution of the problem. A great electric plant, which is so possible by turning to account the Volkhov water falls and expending its energy in winter for lighting the city of Saint-Petersburg, would be desirable from the economic point of view, by utilizing its expensive plant in winter as well as in summer.

Various solutions can be proposed for the application of energy to traction. Unfortunately, the solution which, under the skilful direction of Mr. Léon Gérard in Belgium, gives such brilliant results — the electric traction machine — is not admissible in Russia, on account of the condition of the banks of the canals. Large sums would be required to construct a practicable tow-path for these heavy machines.

Hence there remains only traction by tugs (steam or electric) or by haulers (1): Tugs are very dangerous for the canals in view of the state of the banks: the canals are dug in soft earth and the banks are not protected.

Once already, in 1880, the admission of tugs to the canals, for one navigation season, destroyed nearly all the banks, and the Government had to pay enormous sums to re-establish the cross-sections of the canals. Perhaps the tugs of 1880 were not adapted to local conditions; but, in any event, before letting tugs in again, it is necessary to feel sure that they will do no harm. Electric haulage (Bovet, or other similar system) seems to be better suited to present conditions, in view, especially, of the small speed (3 1/2 kilometres an hour) required. But the great cost of the chain is also a serious objection against hauling.

The present state of the question and sundry the solutions proposed have been pointed out in this brief statement. Perhaps the light, which the learned engineers assembled from all parts of the world at the Xth International Navigation Congress, at Milan, can shed on the subject, will give precious indications for the preparation of the programme for an international com-

(1) As boats for towing purposes, working on a chain, are practically unknown in England and the United States, no name for them exists in these countries. The translator, for want of a better name has called them « haulers », from their hauling in all the time on a chain.

petition on this immense project. It is thought, at any rate, that, if it appear that the net cost of mechanical traction is a little higher, on an average, than that of animal traction, this difficulty can be turned by a tariff sheet of the kind set forth a little way back. So it may be hoped that the electric energy will play on our Russian navigable highways the same brilliant part as that which is to be admired, in hospitable Italy, on the railways which brought us to Milan.



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

2. Communication

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX

sur les fleuves, les canaux et les lacs

RAPPORT

PAR

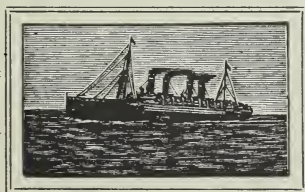
M. St. John CLARKE

Ingénieur-Conseil à New-York

M. Léon GERARD

*Ingénieur, Ancien Président de la Société Belge
des Électriciens, à Bruxelles*

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET TECHNIQUE

DE LA

Traction mécanique des Bateaux sur les Fleuves, les Canaux et les Lacs

PAR LES

PROCÉDÉS AMÉRICAINS

RAPPORT

PAR

St. John CLARKE

Ingénieur civil, Ingénieur de la Rapid Transit
Commission, Ingénieur en Chef du chemin de
fer de Long-Island à New-York.

Léon GERARD

Ingénieur-Conseil, Ancien Président de la
Société Belge des Electriciens à Bruxelles.

Les conditions du problème du halage des bateaux sur les grands canaux américains et plus spécialement sur le canal Erié, ont un caractère essentiellement différent des conditions du même problème en Europe.

Le canal Erié reliant le lac Erié à la rivière Hudson, de Buffalo City à la ville de Troy, a une longueur de 352 milles (565 kilomètres) et 72 écluses. Sa largeur est de 56 à 60 pieds au plan d'eau et son mouillage est de 7 à 8 pieds. (Voir fig. 2).

Conditions économiques d'exploitation.

En dépit de ses larges dimensions, la capacité utile de cette voie se trouve limitée par le fait des glaces ne permettant une exploitation régulière que pendant 7 mois de l'année, par une vive concurrence des voies ferrées et par la lenteur de la traction animale. Celle-ci se fait par des mules à raison de trois par bateau ou par des chevaux à raison de deux par bateau, avec une vitesse maxima de 2 milles, soit 3,200 mètres à l'heure et une vitesse commerciale d'environ 1 1/2 mille, soit 2,400 mètres. Parfois cette vitesse tombe même à moins de 1,600 mètres à l'heure.

Enfin, la puissance du courant d'eau descendant dont la vitesse varie de 0.24 à 0.50 mille à l'heure soit 370 à 800 mètres à l'heure, influe notablement sur les conditions de la traction.

Les bateaux portent en lourd de 140 à 180 tonnes. Leurs dimensions sont : largeur moyenne au maître-bau 16 à 17 1/2 pieds, tirant 5 pieds à 5 pieds 5 pouces, longueur 96 à 97 pieds (1). Les couples d'avant sont carrés : la forme rudimentaire de ces barques dont la figure 1 reproduit l'aspect, explique la rapide et anormale élévation de l'effort de traction à la tonne en fonction de la vitesse.



Fig. 1. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Traction animale et bateaux.

En général, les animaux employés appartiennent aux bateliers eux-mêmes et sont logés dans le bateau, ce qui diminue la capacité commerciale utile des barques. Dans ces conditions la traction animale coûte à la descente \$0.5125, soit environ 2 frs.60

(1) Les bateaux ayant servi aux essais des auteurs en mai et août 1905 ont les dimensions moyennes suivantes : longueur, 29 m. 56 ; largeur, 5 m. 33 ; tirant en charge, 1 m. 62 ; tirant à vide, 0.40. (Voir fig. 2).

à la tonne pour 352 milles ou 565 kilomètres, soit en frcs. 0.004599 ou environ 4 millimes 6/10 par tonne kilomètre.

Les frais de remonte sont beaucoup plus élevés et très variables ; le trafic en ce sens est irrégulier, car à moins de doubler le nombre d'animaux employés à la traction, les chalands à traction animale marchant vers l'ouest ne peuvent guère charger plus de 140 tonnes. Le passage du canal en descente prend par ce système de 12 à 14 jours lorsqu'il est possible de relayer pour haler de jour et de nuit. En pratique, les mariniers ne font guère plus de cinq voyages par an des lacs à la rivière, et il est rare qu'ils aient recours à la navigation de nuit.

Sous l'influence de ces diverses conditions défavorables, dans un pays où la rapidité et la sûreté des échanges commerciaux sont fort appréciées, le trafic du canal a subi depuis 1880 les fluctuations suivantes :

1880	tonnes	6,457,656
1890		5,246,102
1895		3,500,000
1900		3,345,941
1901		3,421,613
1902		3,274,446

Ces faits économiques ont vivement frappé l'attention des gouvernants de l'Etat de New-York.

L'élévation du prix du transport par eau, son irrégularité, sa lenteur, appellent une modification profonde des conditions d'exploitation du canal et l'une des solutions proposées consiste en la construction d'un canal maritime de près de 600 kilomètres de longueur, à construire en pays accidenté, reliant Buffalo à la partie maritime de la rivière Hudson, canal qui sera susceptible de porter des allèges de 1,000 tonnes.

Cette dernière solution a donné lieu à un gigantesque projet dont les auteurs et les défenseurs ne paraissent pas impressionnés par les charges financières considérables qu'entraînerait l'exécution intégrale du nouveau canal. Un vote populaire de l'Etat de New-York a approuvé ce projet. Toutefois, il y a lieu de remarquer que c'est là une décision de principe exprimant plutôt un désideratum quant au but à atteindre que la désignation d'un moyen technique déterminé.

L'extension des dispositifs de traction électrique accélérée actuellement réalisés sur une partie seulement du canal Erié, à proximité des usines de la General Electric Company à Schenectady, permettrait facilement de porter la capacité du canal à 15 et même 20 millions de tonnes, le trajet complet ne durant que 4 jours pour les trains halés de jour et de nuit. Le prix coûtant de la traction correspondant à ces conditions spéciales comprend les intérêts du capital engagé calculés à 3 %, l'amortissement à 3 % sur les voies et à 10 % sur le matériel roulant, l'entretien et toutes les dépenses directes d'exploitation. Il monte par tonne-mille à 0.001 Dollar si le trafic n'atteint que 2,000,000 et à 0.0004 Dollar si le trafic atteint comme par le passé 10,000,000 de tonnes, soit respectivement pour les deux hypothèses par tonne kilométrique et en francs 0.0031 et 0.00124.

Un tarif variable en fonction du tonnage remorqué permettrait donc de fournir équitablement le halage rapide à des prix de vente variant en francs de 3 1/2 millimes à 1 1/2 millime la tonne kilomètre suivant tonnage annuel.

Ce sont là des conditions économiques remarquables et très favorables en dépit des conditions anormales de vitesse de la remorque et de longs chômages d'hiver.

Le projet d'extension du système créé spécialement en vue du canal Erié avec ses conditions tout à fait spéciales de vitesse et de puissance impliquerait d'après ses auteurs une immobilisation de 6,500,000 dollars soit 33 millions de francs. Ces chiffres ne comprennent pas les frais d'érection des stations centrales productrices de courant d'une importance d'au moins 8,000 chevaux pour le trafic actuel.

Le courant peut être obtenu sur place à raison de l'existence dans la région de grands centres de distribution hydro-électriques vendant le cheval de force à forfait à des prix voisins de 42.5 dollars (216 francs) par an.

Ces prix correspondent à des prix de vente de 300 francs par kilowatt-an.

Le prix de la voie extraordinairement robuste et rigide étudiée en raison des vitesses et des efforts de traction extraordinaires admis dans ce cas spécial, entre dans le prix de premier établissement pour 16,000 dollars par mille, soit 50,000 francs par kilomètre. La voie pèse 330 tonnes par mille ou 730,060 livres anglaises par mille (206 tonnes par kilomètre).

Le prix du système complètement équipé (matériel roulant compris) est de 18,500 dollars par mille ou de 58,500 francs par kilomètre sans les Centrales.

Description technique.

Mr. Wood, l'inventeur du système de traction réalisé au canal Erié a été aidé des conseils de Mr. F. Blackwell de la General Electric Co de Schenectady pour l'étude du matériel roulant et des avis de Mr. St. John Clarke, Ingénieur du Métropolitain de New-York, pour l'exécution de la voie.

Les premières démonstrations ont été faites en octobre 1903 en présence du gouverneur de l'Etat de New-York et les données numériques du fonctionnement des appareils ont été relevées par les ingénieurs de la General Electric Company de Schenectady.

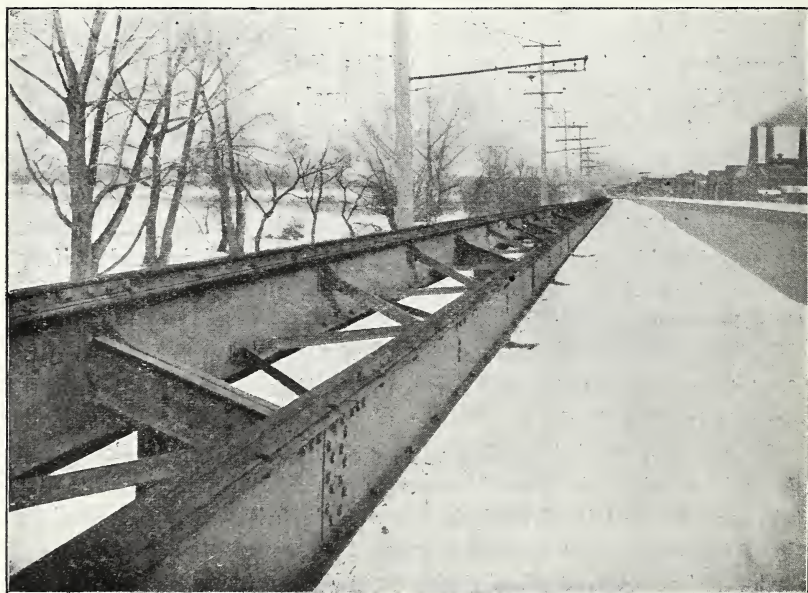


Fig. 3. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Détail de la voie.

Voie.

La voie est double : l'une montante, l'autre descendante : elle est composée de deux rails en double té, surélevés, portés sur des supports communs espacés de 25 pieds (7 m. 50). Chaque rail est affecté au service dans une direction. La voie la plus voisine du canal est en contre-bas par rapport à l'autre voie.

Cette double voie montante et descendante occupe un très petit espace. Sa plus grande dimension horizontale est de 3 pieds 4 (1 mètre) et sa hauteur du sol au rail le plus élevé 4 pieds 6, soit 1 m. 35. Cette double voie est placée à 15 pieds de la crête du côté de l'eau (fig. 2). Cette distance a été ménagée et la hauteur de la voie calculée, en vue de permettre le maintien temporaire du halage animal et l'affectation normale du chemin de halage à cette traction.

La voie est constituée par des laminés en acier doux rivés et boulonnés. Elle se prête, en raison de sa forme, à toutes les inflexions nécessaires pour passer soit en pont surélevé au-dessus des quais employés au chargement, soit sous les ouvrages d'art en modifiant simplement les modes d'implantation des supports.

Les photographures fig. 3 et fig. 4 ainsi que le tracé fig. 2 permettent de se rendre compte de son mode de construction.



Fig. 4. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Vue d'un tracteur et de la voie double pour 100 HP.

Les supports verticaux en laminés a double té sont placés dans des blocs de béton. Ces supports ont une longueur hors

terre de 3 1/2 pieds (105 cent.), ils ont une fiche minimum dans le sol de 2 1/2 pieds (75 cent.). Les blocs de béton sont cubiques et ont 3 pieds (90 cent.) de côté. Le dur hiver de 1904 n'a pas causé d'altération notable à ces fondations.

Les supports verticaux portent deux U accouplés de 8 pouces (20 cent.) d'une longueur de 36 pouces (66 cent.), inclinés à 70 degrés sur la verticale. Les deux voies parallèles au canal sont portées par des goussets fixés à ces pièces. Ces voies sont constituées par des poutres laminées en double té de 18 pouces sur 6 (45 1/2 x 15 cent.) portant sur le plat inférieur un rail vignole de 30 livres par yard et sur le plat inférieur un rail renversé de 25 livres par yard.

Les deux poutres principales sont contreventées par un treillis léger. L'ensemble du système pèse 206 kilogrammes par mètre courant, soit 730,000 livres par mille.

Tracteur.

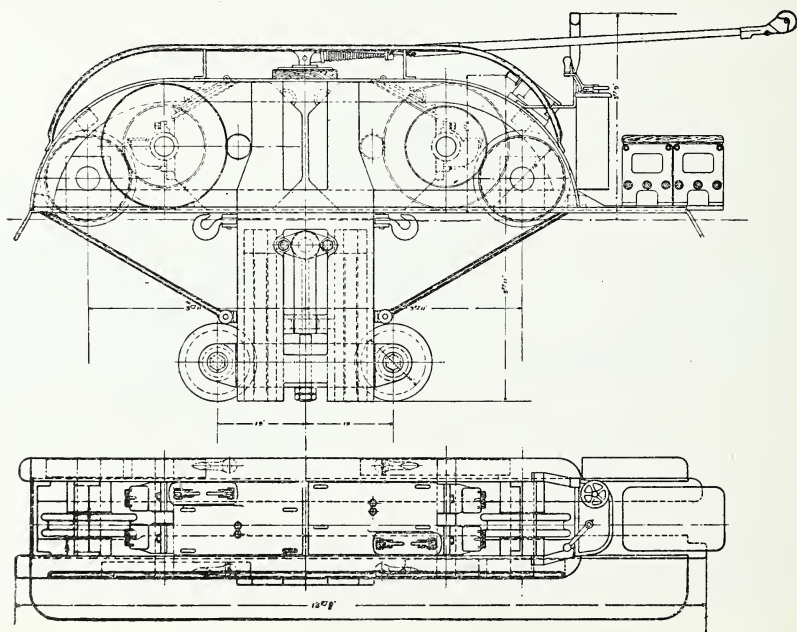


Fig. 5. — Elévation et plan tracteur électrique 100 chevaux.

Le tracteur construit par la General Electric Company de Schenectady, d'après les dessins de M. l'ingénieur Larson, pour compte de la International Towing and Power Company de

New-York, qui a acquis les brevets Wood, est représenté dans diverses photogravures ci-contre et spécialement dans les fig. n^{os} 5, 6, 7 et 8.

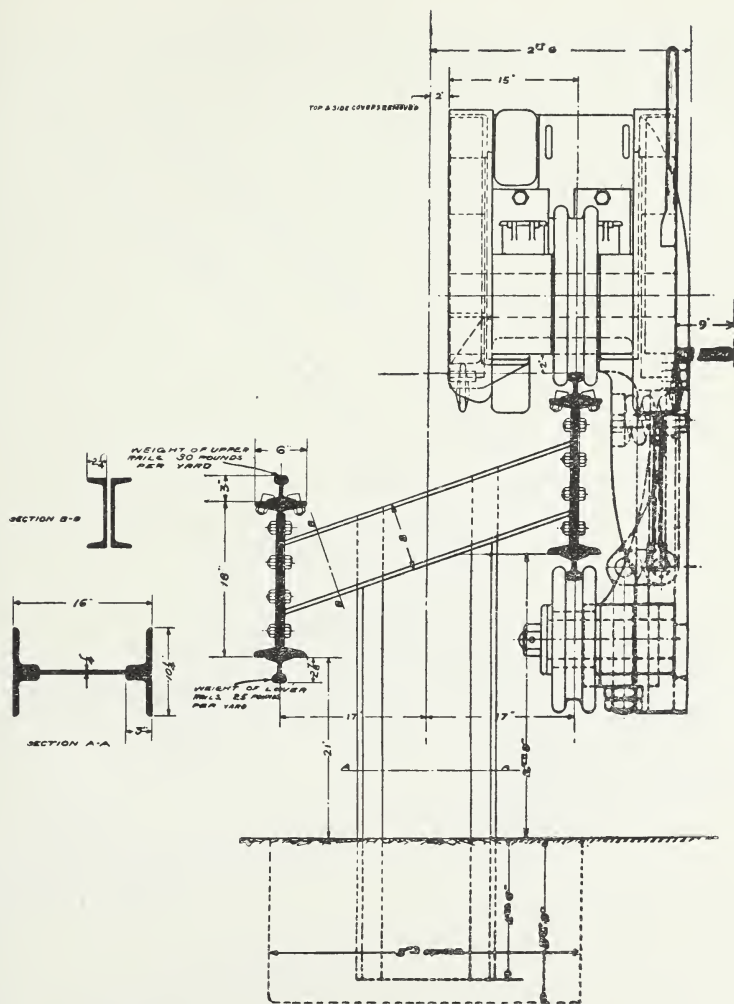


Fig. 5bis. — Coupe tracteur électrique et voie de halage Canal Erié.

Cette machine est remarquablement compacte et puissante. Elle contient deux moteurs G. E. 61 A. 1. type railway à voie étroite de puissance normale de 45 H. P. Leur régime normal à 42 H. P. est de 75 ampères 500 volts avec un rendement de 85 %,

premier engrenage compris. Ils peuvent prendre 100 ampères avec un rendement de 82 %, une puissance de 54 H. P. Ces moteurs sont d'un fonctionnement parfait.

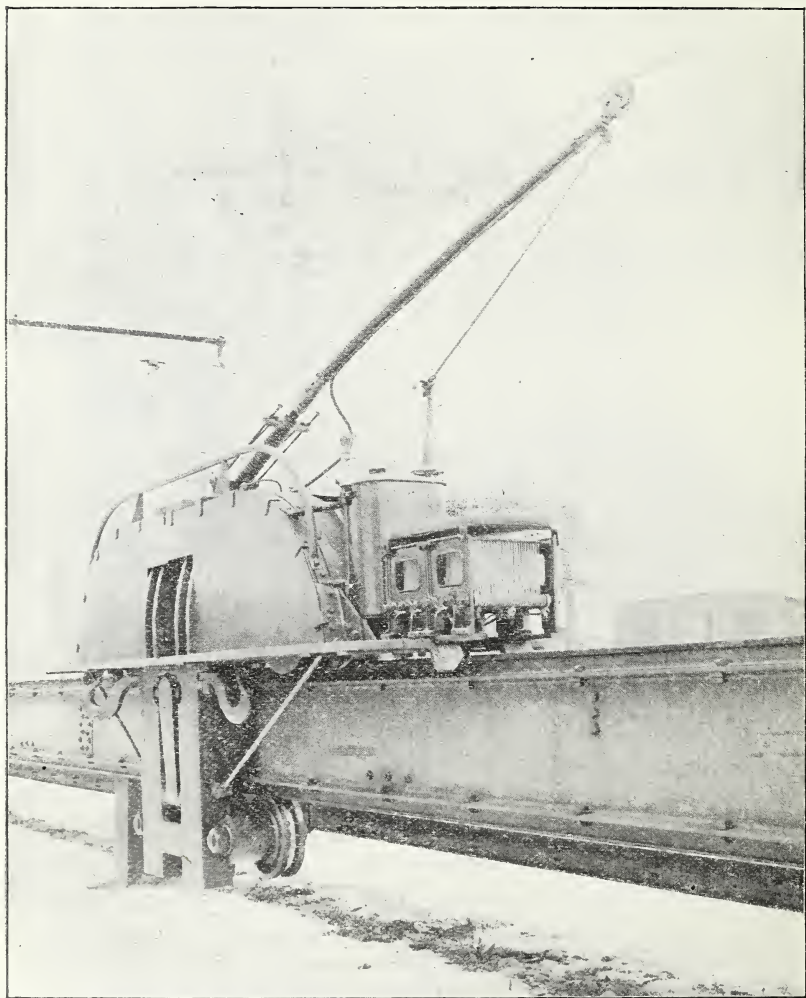
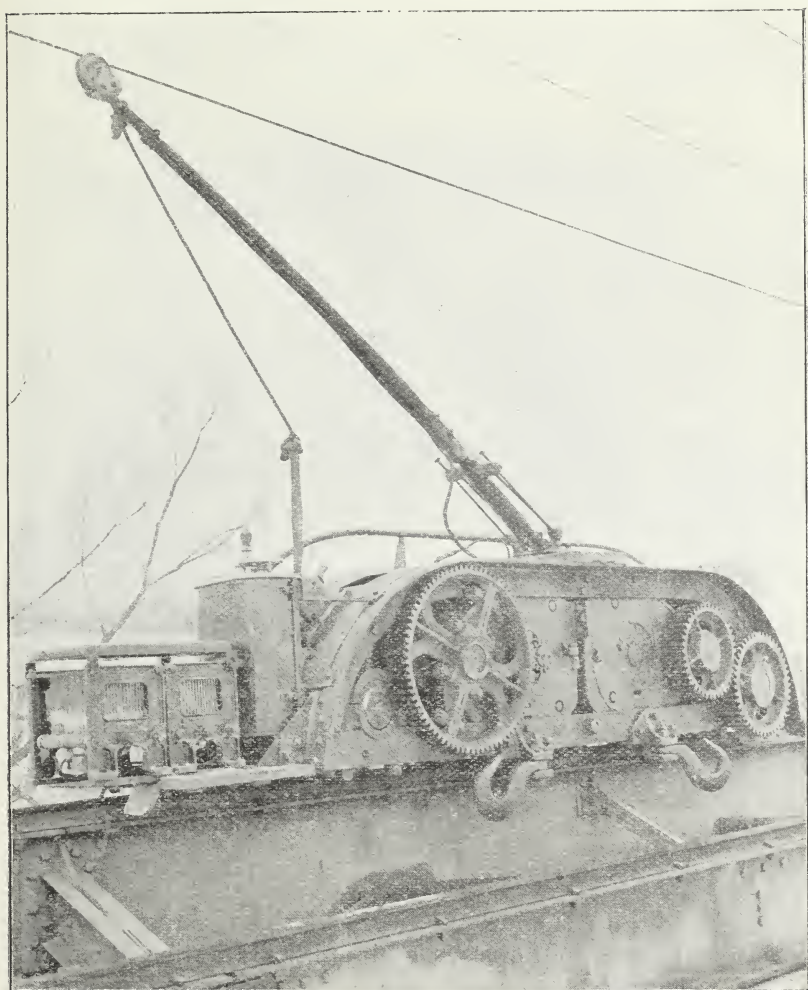


Fig. 6. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Vue du tracteur électrique de 100 HP (face).

Ce tracteur, d'une puissance de 84 à 100 chevaux, mesure en longueur 13 pieds (400 centimètres), largeur $2 \frac{1}{3}$ pieds (70 centimètres), hauteur sur rail $3 \frac{1}{2}$ pieds (105 centimètres).

Les deux moteurs sont placés au-dessus du rail et attaquent par doubles engrenages fraisés (rapport 6:3,6:1) des galets de 18 pouces de diamètre (45 cent.). Ils sont commandés par un con-



*Fig. 7. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Vue du tracteur électrique de 100 HP.
(côté interne de la voie)*

troller qui permet les couplages ordinaires du système série-parallèle.

Cet appareil placé à portée du wattman lequel est assis sur le tracteur, comprend un jeu de résistances rigides coulées, un interrupteur, et les dispositifs du controller de type court bien connu de la General Electric Co.

Au-dessus de l'appareil est fixé un trolley pivotant à contact inférieur à la ligne positive. Le retour se fait par la voie qui est connectée au négatif comme dans le système le plus généralement appliqué de traction de tramways.

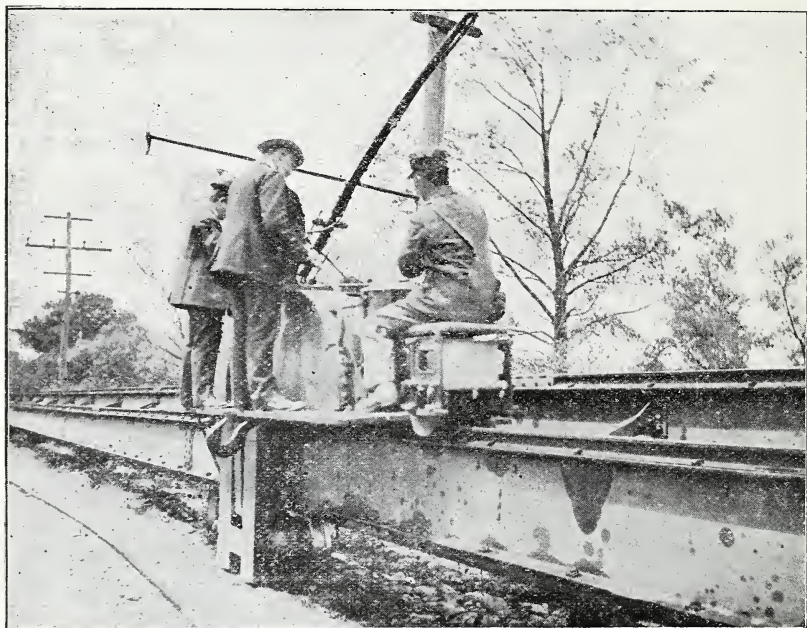


Fig. 8. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Essais de mai 1905.

Le poids du tracteur de 100 chevaux est de 6 tonnes. Ce poids serait insuffisant pour assurer à lui seul la réalisation des efforts de traction atteignant jusque 9,000 kilogrammes dont le tracteur est capable, de plus le système fonctionnant en cavalier sur rail supérieur n'est pas stable par lui-même. La stabilité et l'adhérence sont assurées par des galets inférieurs fixés aux deux solides bras d'acier fondu venus d'une seule coulée avec le châssis du tracteur. Ces deux galets sont mobiles et sont serrés vers le haut par un système de ressorts et de leviers dont la pression

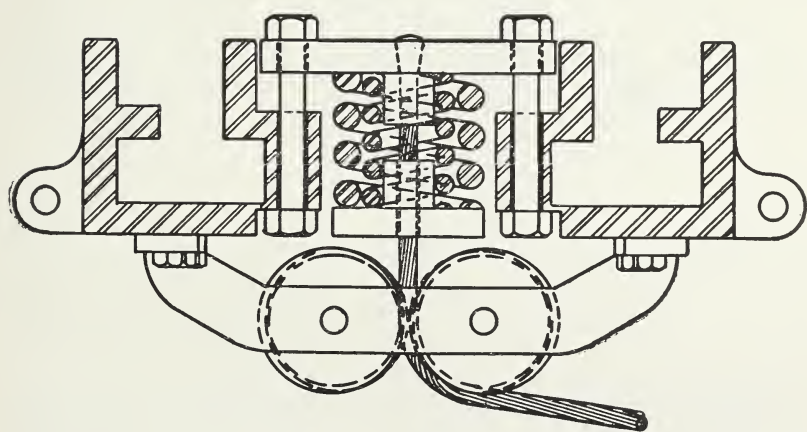
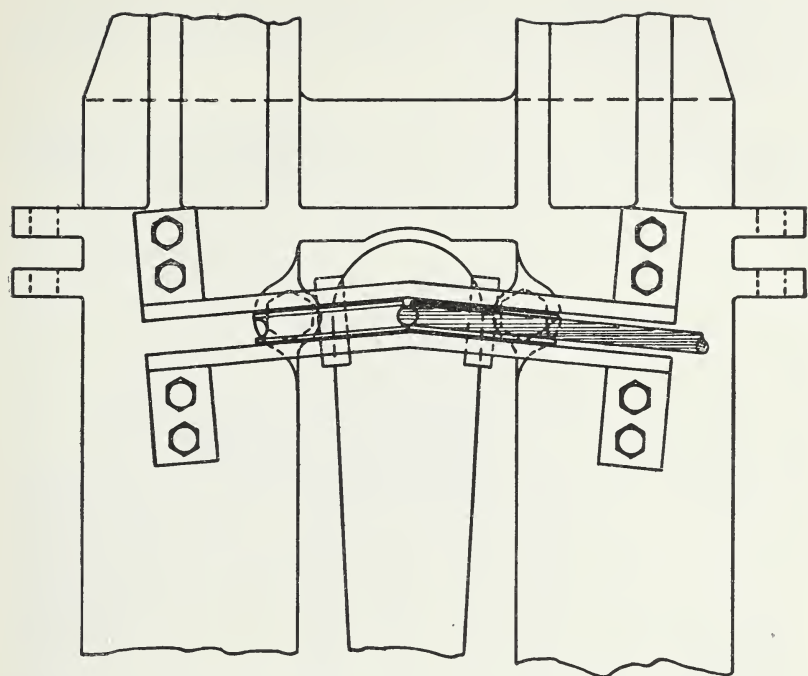


Fig. 9.

peut être soit réglée à la main par boulons, soit commandée par le câble de touage lui-même, comme il est représenté dans les figures de détail n° 9 et n° 10.

Le croisement de deux véhicules s'opère de la manière la plus simple : chaque véhicule portant de part et d'autre en dehors de la voie les bras supportant les galets de serrage.

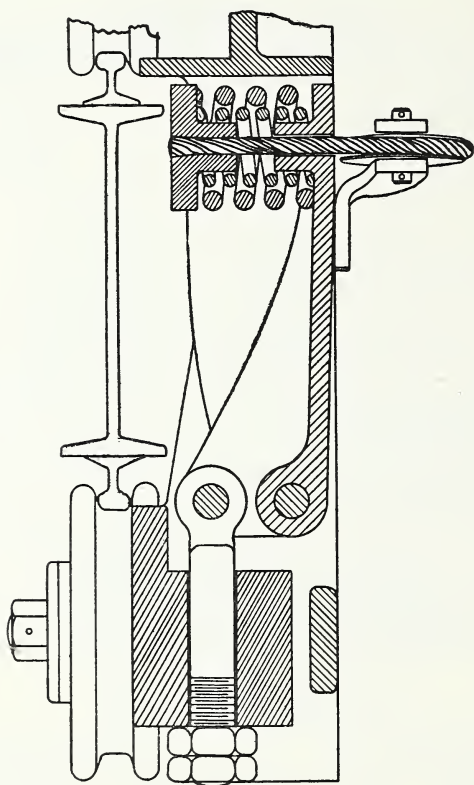


Fig. 10.

La ligne électrique étant unique, la seule manœuvre des conducteurs consiste lors du croisement : pour l'un à larguer momentanément son amarre de remorque et pour l'autre à abaisser le trolley de son appareil : la photogravure n° 11 montre cette opération qui est fort courte et fort simple à effectuer.

La ligne est portée par le dispositif ordinaire aux lignes économiques de tramways suburbains. Les feeders ou les lignes

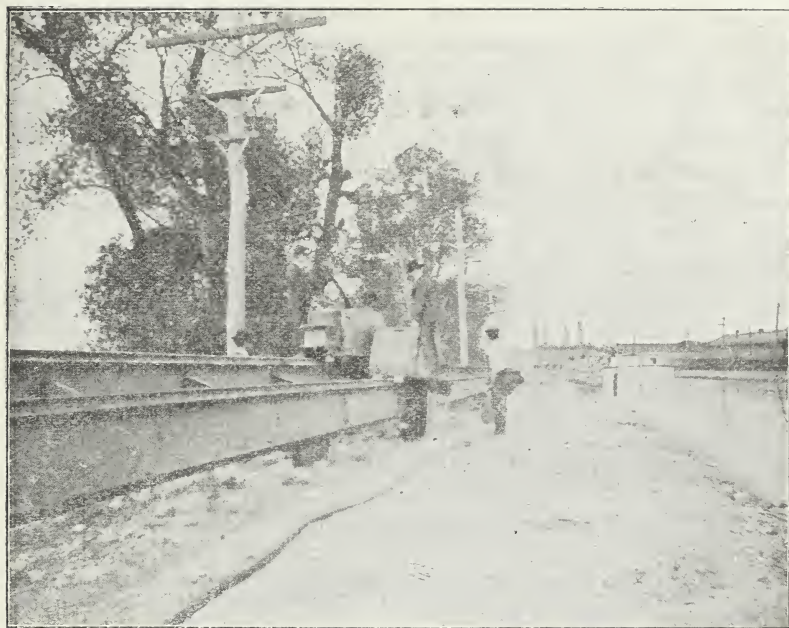


Fig. 11. — Canal Erié, Schenectady N. Y. : Croisement de deux tracteurs.

primaires sont portés sur les poteaux principaux (voir photographures n^{os} 3 et 4).

Résultats d'expériences.

Au cours des essais électrotechniques faits dans le courant des mois d'octobre et de novembre 1903 à des vitesses très variables et avec des charges allant de 1 à 4 bateaux (essais faits en vue de déterminer le mode de couplage le plus favorable des trains), il a été trouvé que l'effet utile de ce tracteur variait de 50 à 70 % et que la consommation en watts par tonne était de 14 à 120, suivant que l'on passait de la vitesse de 2 milles à l'heure à la vitesse de 4 milles 7 dixièmes (3,200 à 7,500 mètres à l'heure) pour des charges utiles de 1,150 à 575 tonnes.

Dans une série d'essais comparatifs à charges égales de 1,150 tonnes utiles remorquées, on a obtenu :

Vitesse en mille par heure	2.22	2.87	4.24
» en mètres par heure	3,580	4,600	6,850
Consommation en watts par tonne	14	23.3	68
Rendement net au crochet en %	61.5	63.5	70

Des études ultérieures poursuivies au cours de la saison de 1904 ont été faites avec bateaux à charge pleine de 310 tonnes dont 250 utile et ont donné les résultats moyens suivants (traction effectuée contre un courant ayant en moyenne une vitesse de 500 mètres à l'heure) :

Nombre de bateaux	Charges en tonnes	Kilowatts pris à la ligne	Chevaux	Watts par tonne	Vitesse en milles par heure	Vitesse en mètres par heure	Effort au crochet en lbs.	Effort au crochet en kilog.	Travail utile en kilogrammètres	Rendement net en o/o
4	1,000	76	104	76	3,85	6,200	6,600	3,000	5,190	66,5
3	750	67.5	92	90	4,10	6,600	5,150	2,340	4,300	62,3
2	500	66.5	92.5	133	4,32	7,000	4,875	2,200	4,270	62,9

(Moyenne des rendements : 64 %.)

L'étude de ces résultats d'observation ont conduit à l'adoption du système de traction par 4 bateaux à proposer pour le service intensif du canal Erié.

Conclusion des essais de mai 1905.

En mai 1905, les auteurs du présent travail ont été chargés à titre de conseils par la International Towing and Power Cy de New-York de déterminer un nouveau type de voie et de matériel conjointement avec Mr. Francis Blackwell de New-York, en vue de l'exploitation de canaux à une vitesse plus réduite avec des efforts de traction en marche normale ne dépassant pas 1,000 kilogrammes.

Leurs essais préliminaires sur le matériel primitif conçu et exécuté en vue du cas spécial de service intensif sur le canal Erié et répondant, du reste, parfaitement à ce but particulier,

ont démontré que ce matériel ne se prêterait pas à un service à allure réduite avec des efforts de traction plus faibles et qu'il importait d'établir un type entièrement nouveau dont les dispositifs et les données expérimentales sont décrits dans la seconde partie du présent travail.

Au cours de ces essais il a été établi que la seule adhérence du tracteur Wood, pesant 6,000 kilogrammes sans serrage des ressorts de pression, permettait par temps sec d'exercer un effort de traction de 2,700 lbs., soit 1,250 kg.; que l'addition d'une pression résultant du serrage des ressorts à moitié course faisait passer le travail à vide de 10 kilowatts à 35 kilowatts, enfin que la pression des ressorts à fond de course conduisait à un travail de 45 kilowatts.

Ces essais étaient faits à la vitesse de 8,500 mètres à l'heure ; il y a lieu de remarquer que la réalisation de cette vitesse est d'une grande utilité pratique en vue du service « haut le pied » qui permet une répartition rapide du matériel à vide vers les points chargés de trafic. L'usage de ce procédé de répartition rapide est limité par la condition que les consommations de courant ne soient pas excessives. Le nouveau type créé a parfaitement répondu à ce programme comme on le verra plus loin.

Dans cette série d'essais, il fut démontré que l'effet utile du tracteur du modèle primitif était très favorable à grande charge et à haute vitesse et notamment qu'avec 4 bateaux chargés à la vitesse de 6,700 mètres à l'heure et un effort au crochet de 4,750 kilogrammes, le rendement était de 65 %. En revanche, il fut constaté que le rendement tombait à moins de 45 % lorsque l'effort au crochet ne dépassait pas 1,000 kilogrammes ; or, l'examen des résultats d'expérience sur les efforts à réaliser en fonction des vitesses avec le matériel de barques à bout carré du canal Erié montre l'économie de courant considérable à attendre de l'adoption de vitesses modérées et partant d'efforts au crochet plus faibles et aussi de l'utilité éventuelle de la modification de la forme de ces barques.

La dépense d'énergie en watts par tonne utile remorquée est notablement plus forte pour le matériel du batelage américain que pour le matériel européen de tonnage équivalent.

D'autre part, l'attelage bout à bout et la gouverne des trains de 4 à 5 bateaux ainsi formés est plus facile avec les formes américaines qu'avec les barques françaises, flamandes ou hennuyères de 250 à 300 tonnes.

Dans l'opinion des auteurs, il fut dès lors acquis qu'au point de vue de l'exploitation des canaux européens et des canaux

américains de dimensions moyennes, il y avait lieu d'étudier des types de tracteur et de voie basés sur l'idée primitive de Wood, mais cependant mécaniquement plus spécialement adaptés à des vitesses commerciales de 4 1/2 à 5 kilomètres en charge et de 10 à 14 kilomètres à vide avec des efforts variant de 500 à 1,000 kilogrammes.

La coopération de MM. Francis Blackwell, St. John Clarke de New-York et Léon Gerard de Bruxelles produisit l'appareil ci-après décrit, répondant à ce programme et dénommé tracteur à adhérence proportionnelle.

Tracteur à adhérence proportionnelle.

L'infrastructure fut étudiée soit pour simple voie, soit pour doubles voies séparées posées une sur chaque berge ou pour double voie sur une même berge. Des dispositions spéciales furent prises pour que cette voie simple ou double pût être facilement appliquée sans changement de jauge en tunnel ou en galerie de mines avec fixation à la voûte.

La voie nouvelle pèse par kilomètre de simple voie posée sur berge 60 tonnes et par kilomètre de voie double 105 tonnes (ce poids est à rapprocher du poids de voie double type Erié qui est de 206 t. par kilomètre). En tunnel, la voie pèse 52 tonnes par kilomètre de voie simple et 97 tonnes par kilomètre de voie double.

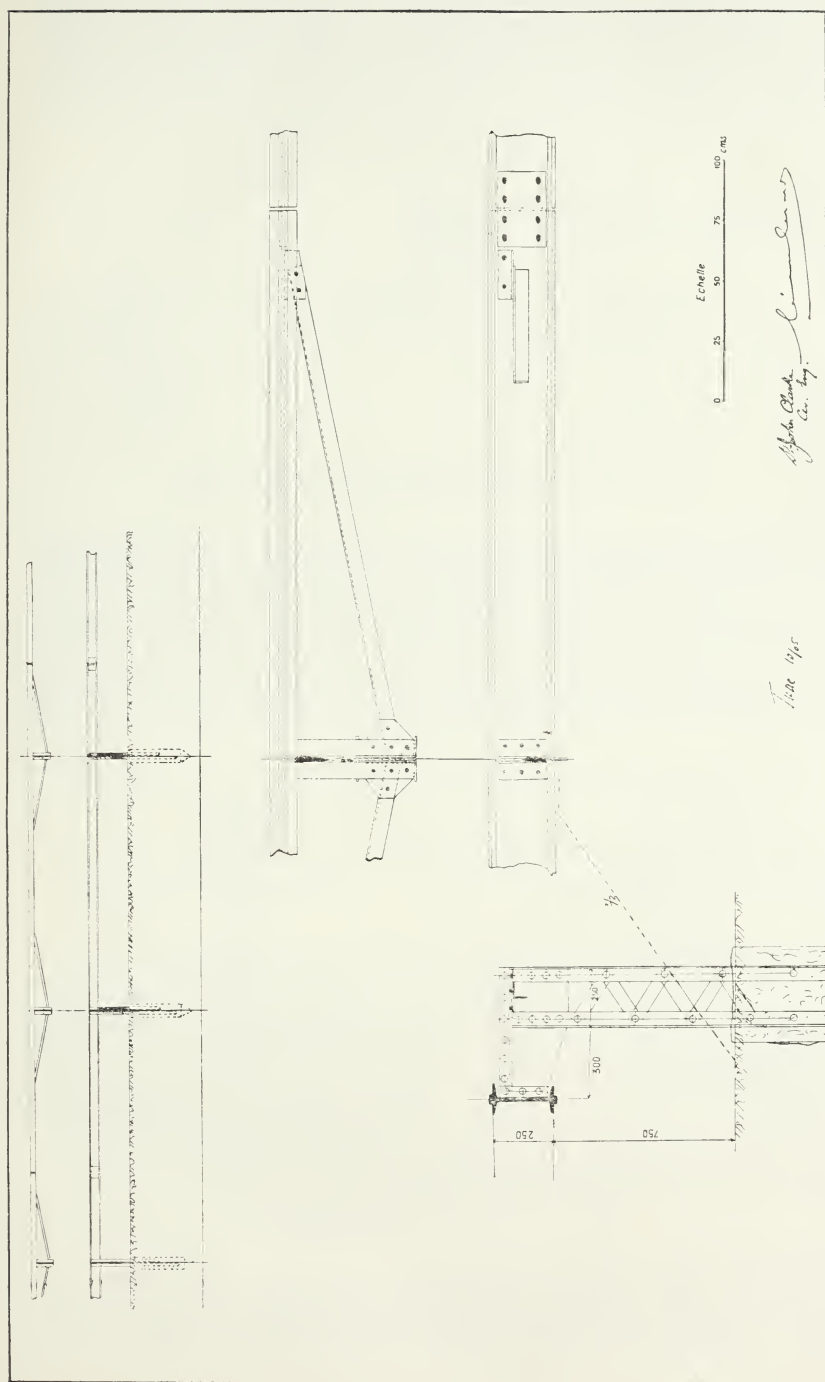
Elle se compose de piliers verticaux en treillis espacés de 21 pieds ou 6 m. 35, pesant 46 kilogrammes, par mètre courant. Ces piliers supportent la voie par une console saillant horizontalement de 1 pied (30 cent.).

La voie proprement dite est une poutrelle de 250 millimètres de hauteur en double té à larges bourrelets pesant 37 kilogrammes le mètre courant et présentant deux saillies-guides. Elle pèse avec joints et raidisseurs 45 kilogrammes par mètre courant.

Ses dispositifs de détail sont figurés dans la figure n° 12.

Le pied des piliers est posé dans un pilot en tôle d'acier à pointe de béton, lequel est ordinairement foncé dans la berge à l'eau injectée sous pression.

Les piliers d'une portée de voie étant rigoureusement alignés, du béton est dammé dans le pilot et arrasé au niveau du sol ou de l'eau en formant une légère saillie.



La planche n° 13 représente la voie posée en canal courant sur berge et en voie simple posée le long des chemins de halage. Ce mode de pose laisse le chemin de halage intact et libre pour tous ses usages, et forme le long de la rive un para-

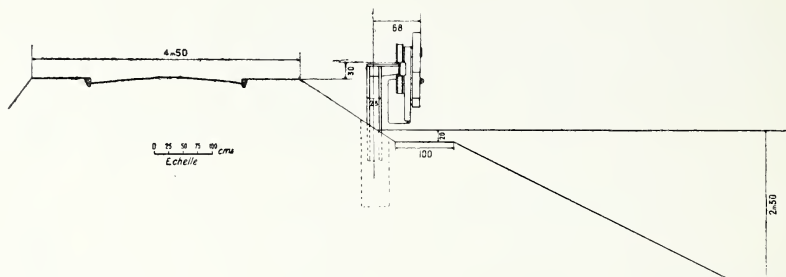


Fig. 13. — Dispositif de la voie sur berge en talus.

pet dont la saillie au-dessus du plan supérieur de la chaussée n'est que de 25 à 40 centimètres. La structure posée dans le talus a un mètre de hauteur et 0.60 de largeur. En tunnel et en voie simple (fig. 14), la largeur occupée à la voûte est de 60 centimètres et la saillie totale de la voie est de 75 centimètres. Une telle voie se prête d'une manière exceptionnellement favorable à l'ap-

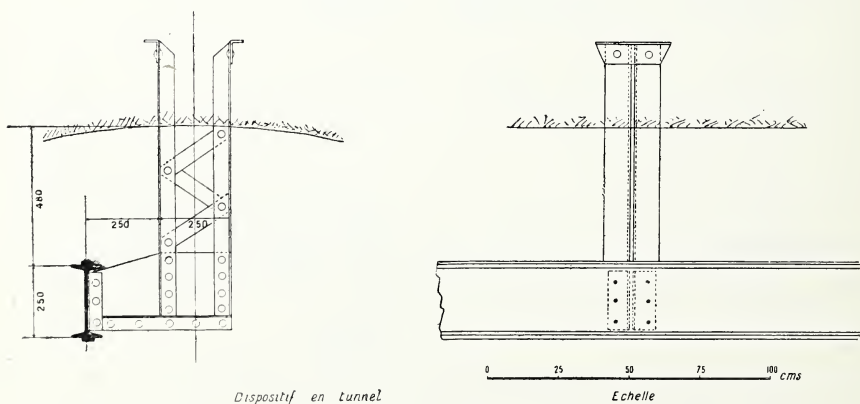


Fig. 14. — Détail de la voie en tunnel.

plication de la traction électrique à tous les canaux dont les voies de halage sont encombrées de circulation ou trop étroites. Elle se prête aux passages difficiles dans les ouvrages d'art et

dans les tunnels de section réduite. Sa pose ne nécessite ni la construction de banquette ni la modification du gabarit du tunnel ou des embarcations.

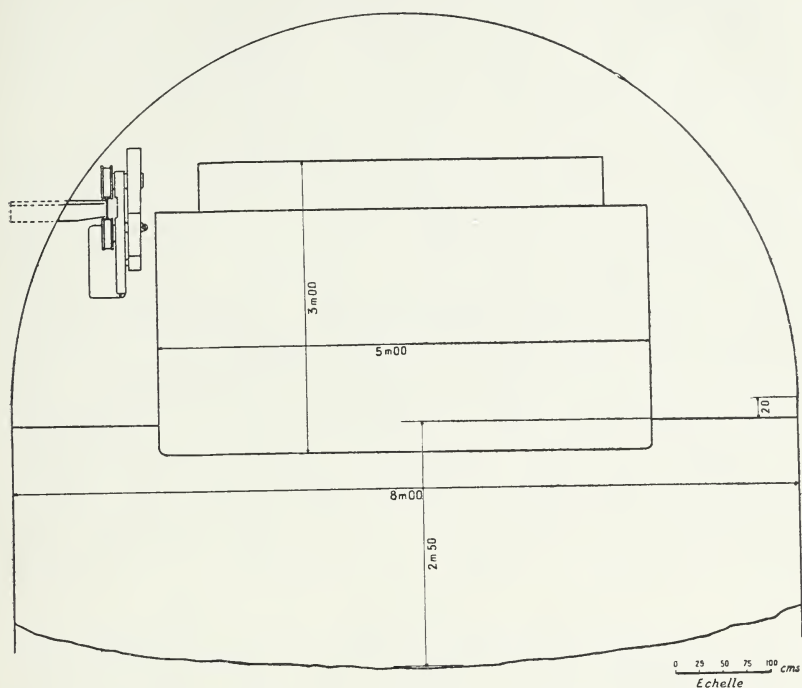


Fig. 15. — Dispositif de la voie et du tracteur à adhérence proportionnelle en tunnel.

Les avantages qu'elle présente sur les systèmes de traction à voie bi-rail sont considérables parce qu'une voie bi-rail de halage doit avoir une largeur suffisante pour donner à la fois de la stabilité aux engins de traction dont le poids seul assure l'adhérence et de la stabilité à la voie elle-même qui est soumise aux effets de ripage latéral. Une telle voie ne peut normalement être posée que sur le chemin de halage même, dont elle occupe au moins 1 m. 80 de largeur en voie simple et qu'elle charge lourdement du poids de ses locomotives.

Matériel roulant.

Le tracteur a une puissance normale de 45 H. P. Son moteur est susceptible de fournir momentanément 55 HP. Il est du type G. E. 61, modèle de mine, et forme un ensemble compact (iron clad), parfaitement enfermé et dont le centre de gravité est placé sous la poutre-guide de la voie. (Voir fig. n^{os} 16 et 17.)

Le moteur attaque par pignon fraisé une roue satellite qui engrène sur deux roues dentées calées directement sur les roues motrices. Le moteur fait 500 revolutions, le rapport des dents du simple jeu d'engrenages est 5.78. Les roues motrices qui ont 12 pouces roulent sur le plat supérieur de la poutre guide. Le poids du tracteur est de 2,920 kilogrammes environ, soit 6,500 lbs. anglaises. L'adhérence supplémentaire à fournir au moment où naît l'effort de traction est fournie par les roues formant galets presseurs agissant sous la poutre-guide. Ces roues sont montées dans des coulisses dressées avec précision. La pression des galets inférieurs ne naît que lorsqu'un effort de traction est appliqué au câble de remorque. Les deux ressorts, visibles sous les galets presseurs, sont ajustés légèrement pour amener les galets au contact de la poutre sans pression parasite.

Les ateliers de la General Electric Cy de Schenectady ont réussi si parfaitement le montage de ce dispositif que le tracteur marchant à vide à la vitesse de 14 kilomètres à l'heure (marche haut le pied) ne demande à la ligne que 7 kw (voir tableau des expériences n^o 1).

Le câble de remorque est attaché soit au levier de droite, soit au levier de gauche suivant que le tracteur marche vers la gauche ou vers la droite. Il exerce une pesée sur le levier d'amarrage dont il tend à relever le petit bras. Suivant l'état d'humidité de la voie, le crochet d'attelage peut être posé à différentes longueurs du grand bras du levier pour faire varier l'intensité de la pression d'adhérence.

La pression d'un des leviers se transmet à l'autre levier qui est maintenu au contact par l'effet des ressorts de réglage, à l'aide d'un levier égalisateur figuré en pointillé au centre de la figure n^o 16. La planche n^o 17 donne la vue latérale et une coupe par l'axe des galets-presseurs.

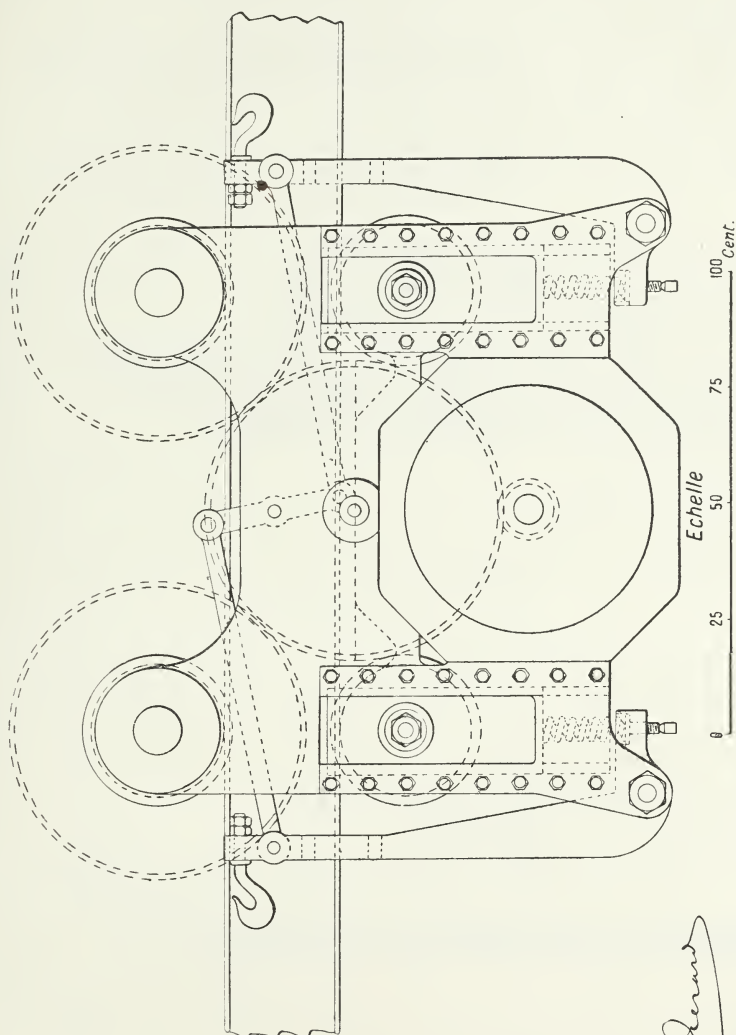


Fig. 16. — Élévation du tracteur électrique à adhérence proportionnelle.

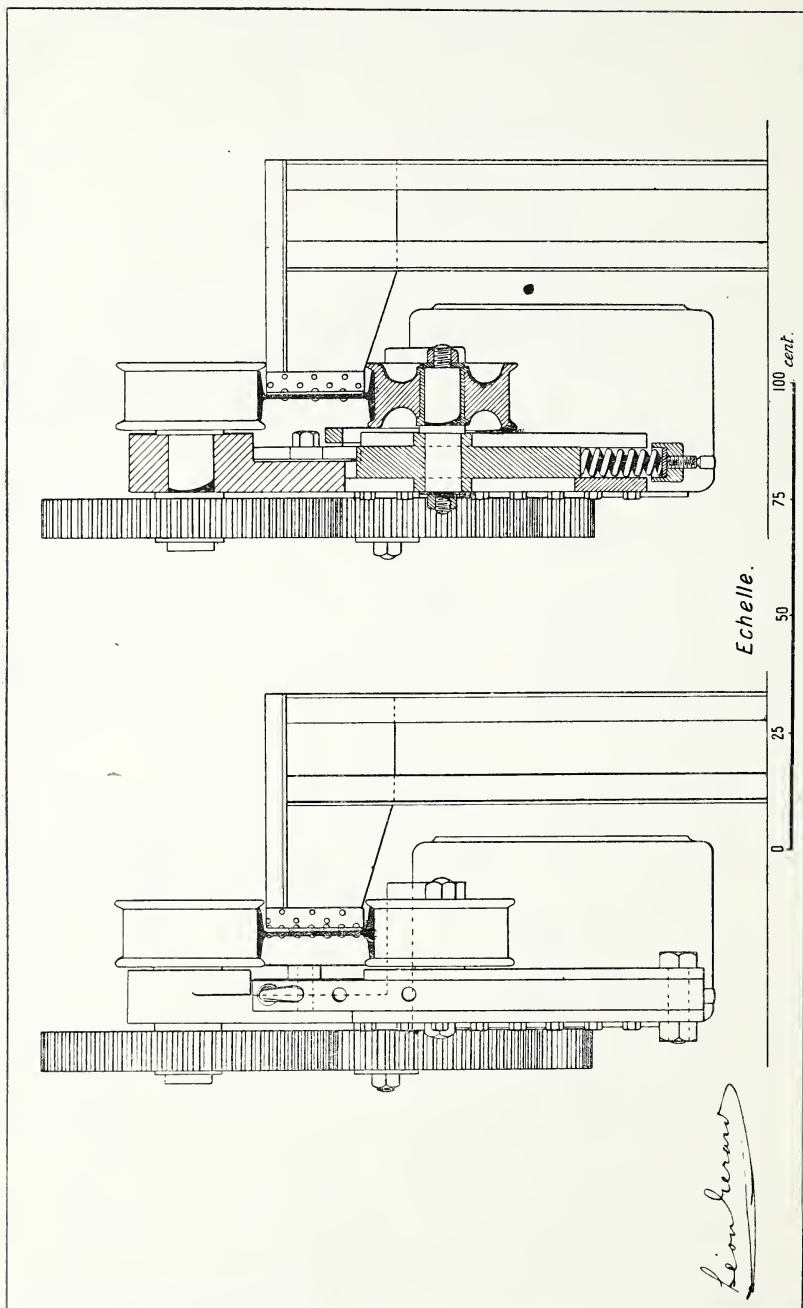


Fig. 17. — Coupe et vue latérale. Tracteur électrique à adhérence proportionnelle.

Les dimensions d'encombrement du tracteur de 50 chevaux sont : longueur 5 pieds = 150 centimètres ; largeur 1' 8" = 50 centimètres ; hauteur 4' 9" = 142,5 centimètres.

Les figures n° 16 et n° 17 ne représentent pas les dispositifs des résistances et du controller, ainsi que la perche du trolley qui sont du modèle courant employé dans les locomotives de mine construites par la General Electric Cy de Schenectady.

Le fonctionnement automatique des leviers transmettant l'effort de traction de la corde de touage aux galets d'adhérence est obtenu sans perte d'effet utile appréciable.

Quoique le poids de l'appareil n'atteigne pas 3 tonnes, il est capable d'exercer un effort de traction d'une tonne à la vitesse de 7 km. 200 en ne demandant à la ligne que 21 kilowatts 84 centièmes, soit avec un rendement net de plus de 86 %, et des efforts au crochet de près de 3 tonnes à des vitesses moindres.

Quoique à vide et à grande vitesse, l'appareil n'exerce aucune autre pression sur la voie que celle résultant de son faible poids propre de 2,920 kilogrammes, il résiste au démarrage à des efforts de traction de 2,700 kilogrammes et en marche courante il peut réaliser des efforts de 1,700 kilogrammes avec un rendement de 75 % à la vitesse de 5 k. 300.

Les données numériques résumées dans les tableaux n^{os} 1, 2, 3, 4, reproduits ci-après, ont été recueillis à Schenectady les 16, 17 et 18 août 1905 par MM. Percy Thompson, St. John Clarke et Larson dans des épreuves de résistance du tracteur à adhérence proportionnelle. Ces expériences conduisirent à cette constatation que tout en réalisant un appareil peu coûteux et très léger, le dispositif a une adhérence très grande et un rendement mécanique élevé dont la moyenne est de 75 % et qui atteint 86 % dans les cas les plus favorables.

Cette machine d'une grande compacité a donc les mêmes caractères économiques qu'un moteur de tramway ordinaire à simple réduction d'engrenages.

Il y aura lieu d'étudier ultérieurement s'il convient, au point de vue du halage, de lui appliquer le courant continu, le courant monophasé ou le courant triphasé et de discuter s'il convient ou non de réduire les vitesses commerciales à vide à 12 kilomètres et en charge 4800 mètres, ce qui peut se faire en modifiant légèrement les rapports des engrenages simples et est de nature, du reste, à améliorer encore les rendements à pleine charge.

Le tableau n° 1 reproduit une des feuilles d'expériences relatives au démarrage et à la marche à vide. On remarquera que les variations de charge de la ligne sont très faibles (de 10 à 7 kilowatts) et que la vitesse de régime est obtenue en 30" (15 kilomètres 300) consommation 7,160 watts.

Le tableau n° 2 reproduit l'une des observations relatives à la remorque d'un bateau chargé du poids total de 249 tonnes dont 184 tonnes de charge utile.

Le démarrage est obtenu en 120 secondes avec des variations de traction de 210 à 2,080 kilogr. La traction de régime est de 1,060 kilogr. La vitesse a pu être poussée à 6,048 mètres, avec un travail utile au crochet de 1,780 kilogrammètres. Le rendement net à la vitesse de 6,048 mètres est de 66,2 %.

Le tableau n° 3 relate les efforts et les travaux pour le démarrage de quatre bateaux chargés avec une charge utile de 579 tonnes. Le démarrage est terminé en 180 secondes en passant de 160 kilogrammes par des valeurs de 1,800 et 2,650 kilogr., pour être ramenée au régime de 1,720 à 1,680 kilogr. à la vitesse de 5,300 mètres par heure. Le travail utile au crochet est de 32.8 HP. avec une dépense de 32.4 kilowatts assurant un rendement à pleine charge de 75 %. (1)

Le tableau n° 4 est relatif aux essais de marche à grande vitesse avec trois bateaux vides tirant mètre 0.406 et pesant 65 tonnes chacun ; l'un des bateaux est partiellement chargé de 77 tonnes. Le temps de démarrage jusqu'à obtention de la vitesse maxima est de 146 secondes, la vitesse apparente du train est de 6.700 mètres, la vitesse du courant d'eau contraire est de 500 mètres, la vitesse effective est de 7,200 mètres à l'heure.

L'effort de traction moyen est de 960 kilogrammes. Le travail utile au crochet est de 25.6 HP., la dépense du courant étant de 21.84 Kw., soit 29.6 HP. avec un rendement de 86.5 %.

(1) Des essais ultérieurs exécutés avec deux bateaux chargés accusent un rendement de 78 à 84 pour cent et un travail de 30 k. w. pris à la ligne.

TABEAU N° I.

Tracteur à adhérence proportionnelle.

Expériences faites à Schenectady les 16, 17 et 18 août 1905.

Marche à vide d'un tracteur de 50 HP.

PLOTS DU CONTROLLER	Temps d'observations en secondes	Distances à l'origine en mètres	Espaces parcourus en mètres	Vitesses en mètres par heure	Kilowatts à la ligne
			entre deux observations consécutives		
N° 2	5	4.02	—	—	10.39
	—	—	8.60	6,200	—
	10	12.62	—	—	8.54
N° 4	12.5	—	11.78	8,500	—
	15	24.40	—	—	10.39
N° 5	17.5	—	16.10	11,600	—
	20	40.50	—	—	8.91
N° 6	22.5	—	18.00	13.000	—
	25	58.50	—	—	8.38
	—	—	19.60	14,000	—
	30	78.10	—	—	8.17
	—	—	64.00	15,300	—
	45	142.10	—	—	7.16
	—	—	63.00	15.100	—
	60	205	—	—	7.16

TABEAU N° II.

Tracteur à adhérence proportionnelle.

Expériences faites à Schenectady, les 16, 17 et 18 août 1905.

Traction de un bateau de 249 tonnes dont 184 utiles.

PLOTS DU CONTROLLER	Temps des observations en secondes	Distances à l'origine en mètres	Différences des temps	Vitesses en mètres par heure	Efforts au crochet en kilogrammes	Kilowatts à la ligne
N° 1	6	1.83	—	—	210	10.73
	—	—	4.5	1550	—	—
	10.50	3.98	—	—	280	11.33
N° 2	12.5	—	4.7	690	—	—
	15.2	4.88	—	—	210	14.76
N° 3	17.5	—	7.3	1550	—	—
	22.5	7.94	—	—	1450	28.10
N° 4	30	—	12.5	2140	—	—
	35	15.30	—	—	1760	35.25
N° 5	42.5	—	15	3900	—	—
	50	31.70	—	—	2080	37.55
N° 6	60	—	20	4900	—	—
	70	59.8	—	—	1720	32.80
	—	—	20.5	5600	—	—
	90.5	92.8	—	—	1370	28.50
	—	—	29.5	5950	—	—
	120	141.5	—	—	1120	27.95
	—	—	29	6040	—	—
	149	190	—	—	1060	26.44
	—	—	25	6048	—	—
	174	232	—	—	1060	26.55

TABLEAU N° III.

Tracteur à adhérence proportionnelle.*Expériences faites à Schenectady les 16, 17 et 18 août 1905.*

Traction de quatre bateaux : Charge totale 774 tonnes, dont 579 de charge utile.

PLOTS DU CONTROLLER	Temps des observations en secondes	Distances à l'origine en mètres	Différences des temps	Vitesses en mètres par heure	Efforts au crochet en kilogrammes	Kilowatts à la ligne
N° 1 . . .	5	—	10	700	—	—
	10	1.97	—	—	160	12.3
N° 2 . . .	12.5	—	5	680	—	—
	15	2.9	—	—	280	12.24
	—	—	5	1440	—	—
	20	4.88	—	—	1680	17.25
N° 3 . . .	22.5	—	5	1320	—	—
	25	6.71	—	—	—	32.02
	—	—	8.7	1780	—	—
	34.7	11	—	—	1720	31
	—	—	4.6	1575	—	—
	39.3	13.1	—	—	1760	29.56
N° 4 . . .	42.5	—	9.3	2130	—	—
	48.6	18.6	—	—	2030	38.7
	—	—	10.4	2420	—	—
	59	25.6	—	—	1800	36.44
	—	—	10.2	2930	—	—
	69.2	33.9	—	—	1680	33.22
N° 5 . . .	74	—	9.8	3400	—	—
	79	43	—	—	2650	49.5
	—	—	10.9	3470	—	—
	89.9	53.7	—	—	2220	42.5
	—	—	10	4670	—	—
	99.9	66.7	—	—	1900	38.5
N° 6 . . .	102	—	3.9	4450	—	—
	103.8	71.5	—	—	2360	45.6
	—	—	15.2	4740	—	—
	119	91.5	—	—	2320	40
	—	—	29	4960	—	—
	148	131.5	—	—	1900	33.1
	—	—	31	5160	—	—
	179	176	—	—	1850	33.1
	—	—	29	5100	—	—
	208	217	—	—	1720	32.7
	—	—	30	5300	—	—
	238	261	—	—	1680	32.4

TABLEAU N° IV.

Tracteur à adhérence proportionnelle.

Expériences faites à Schenectady les 16, 17 et 18 août 1905.

Traction de deux bateaux vides et un chargé de 77 tonnes utiles
au maximum de vitesse à 550 volts.

Temps du démarrage en secondes jusqu'à pleine vitesse	146"
Vitesse en mètres par heure par rapport à la berge	6700
Vitesse du courant de l'eau en mètres par heure . . .	500
Vitesse effective du train sur l'eau en mètres par heure	7200
Vitesse en mètres seconde	2
Effort moyen au crochet en kilogrammes	960
Lecture moyenne du travail pris à la ligne en kilowatts	21.84
Travail utile en chevaux au crochet (T. en HP.) . . .	25.60
Energie dépensée en chevaux sur la ligne (E. en HP.) .	29.60
Effet utile T/E en pour cent	86.5

Dimensions des bateaux à avants carrés.

Longueur moyenne en mètres	29.56
Largeur au maître-bau	5.33
Tirant d'eau en charge	1.625
Tirant d'eau à vide	0.406
Poids du bâtiment à vide en tonnes	65.

Résumé des expériences.

Le tracteur à adhérence proportionnelle à un poids propre très faible et comme les frottements sur les arbres et sur les dents ne se produisent qu'au prorata des efforts de traction et seulement quand ceux-ci naissent, les rendements électro-mécaniques de l'appareil sont toujours très voisins de ceux d'un moteur de tramway essayé avec un train unique d'engrenages à vitesse normale.

Grâce à une étude judicieuse des rapports d'engrenages, les rendements dans divers cas d'exploitation peuvent être maintenus à des valeurs très voisines de 75 %.

Le tableau ci-après résume les données d'expériences relatives au nouveau dispositif à adhérence proportionnelle. Il est à

rapprocher du tableau page relatif au dispositif créé primitivement en vue du canal Erié et d'une exploitation intensive.

Nombre de bateaux	Charges totales	Kilowatts à la ligne	Chevaux H. P.	Watts par tonne remorquée	Vitesse en milles par heure	Vitesse en mètres par heure	Efforts au crochet en kilogrammes	Travail utile net en kilogrammètres	Rendement
4	774	32,40	44	4,2	3,30	5300	1680	2470	75
1	249	26,50	36	10,7	3,75	6048	1060	1780	66.2
3	272	21,84	29,6	80,4	4,50	7200	960	1920	86.5
Moyenne du rendement net : 75.5 %.									

Démarrage.

La feuille d'expérience est résumée au tableau n° 3 qui exprime graphiquement dans la figure 18 par un diagramme, les phases du démarrage pour 4 bateaux chargés ayant un poids total de 774 T. poids équivalent à celui de trois bateaux normalement chargés. Il y a lieu de remarquer que ce démarrage a été opéré pour établir les propriétés d'adhérence du tracteur et la solidité de ses renvois de mouvement en opérant rapidement le passage d'un plot à l'autre du controller.

Les six touches du controller sont passées en 100 secondes et la limite de la vitesse de ce passage a été donné par la résistance des câbles de remorque qui sont soumis dans cet essai à une tension de 2,650 kilogrammes et à des à-coups de 4,000 kilogrammes.

Il y a lieu de noter ici que l'appareil se prête parfaitement à l'obtention d'une courbe de démarrage plus adoucie semblable aux courbes de démarrage calculées dont il a été question dans un rapport présenté par l'un des auteurs au IX^e Congrès de Navigation (1).

Ce mode de démarrage est nécessaire en pratique pour obtenir une mise en train sans à-coup et sous effort pratiquement

(1) IX^e Congrès International de Navigation. — Düsseldorf 1902, — 1^e Section, 2^e communication. *Traction électrique des bateaux*, LÉON GERARD. Détermination des efforts de démarrage et de traction, page 20, figure 8.

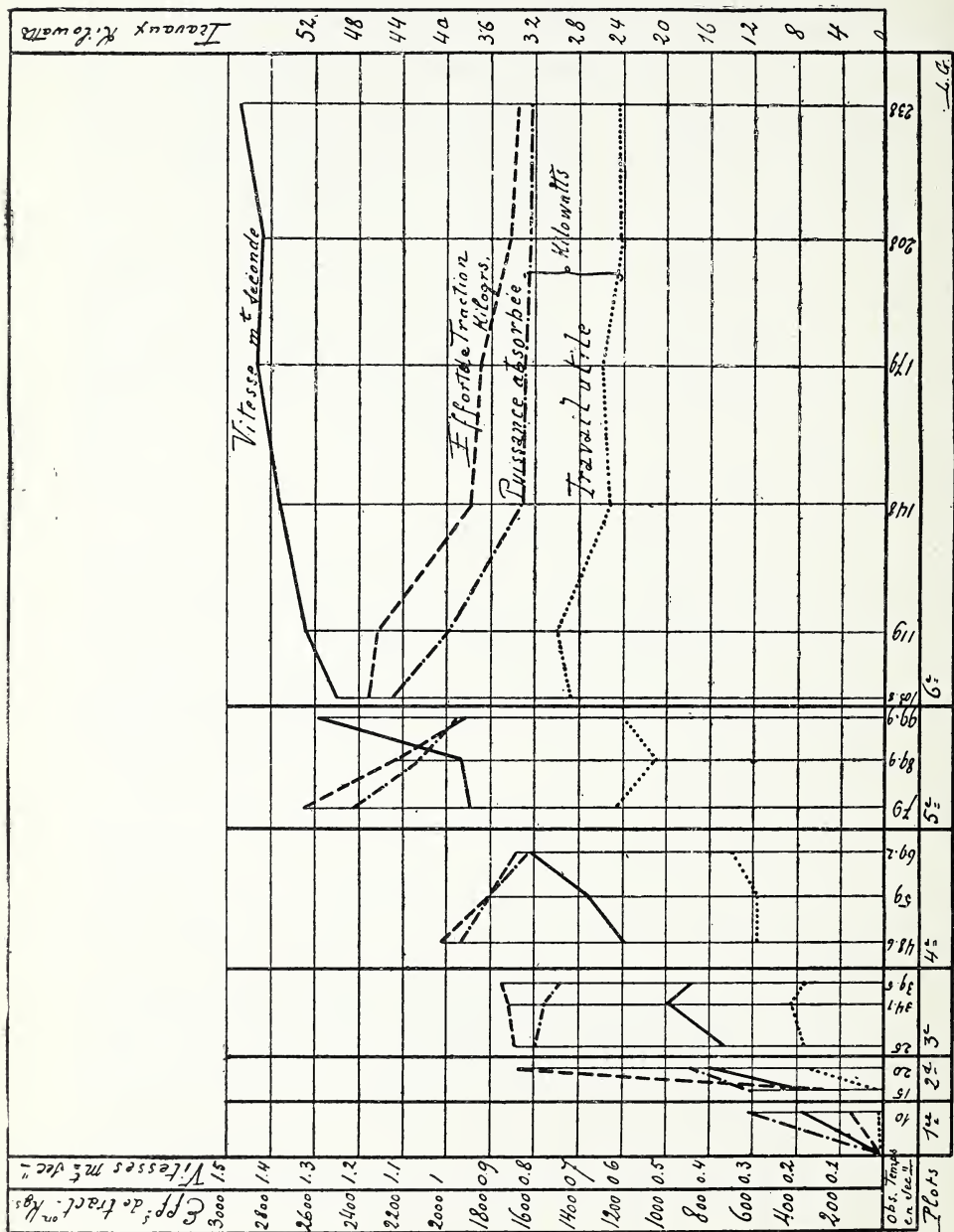


Fig. 18. — Diagramme de démarrage de quatre bateaux chargés (Poids 774 tonnes dont 579 de charge utile).

constant : il suffit pour l'obtenir de prolonger convenablement la durée de contact de chaque plot intercalaire.

Dans ce but, les résistances et le moteur du nouveau tracteur sont établis pour ne pas donner lieu à des échauffements nuisibles pour un contact permanent de 20" sur la première touche du controller, de 30" sur la seconde, de 40" sur la quatrième touche et pour le service continu des cinquième et sixième touches.

Comme l'on peut s'en rendre compte par le diagramme, ce résultat, qui est essentiel au point de vue du facile maniement de l'engin aux croisements des trains et à l'approche des ouvrages d'art, est obtenu sans sacrifice notable du rendement économique du système électro-mécanique. Les rapports entre les ordonnées représentant le travail absorbé (trait interrompu et point) et les ordonnées du travail utile (ligne pointillée) sont satisfaisants, même au début du démarrage.

D'autre part, on remarquera que le démarrage dans cette expérience n° 3, établie pour démontrer la puissance de pinçage du tracteur, a été faite en ne passant que 12 secondes sur la première touche du controller au lieu de 20 ; 10 secondes sur la seconde touche au lieu de 30 ; 20 secondes sur la troisième touche au lieu de 40 ; enfin, 28 secondes seulement sur la cinquième touche, soit donc en 102 secondes au lieu de 240 secondes, temps normal à employer si l'on avait voulu limiter la traction à 1,800 kg. environ.

Cette rapidité de manœuvre employée à dessein pour provoquer les grands efforts de traction constatés, conduisant à une rapide accélération du système, ne doit naturellement pas être adoptée en pratique courante.

Il est intéressant de constater que les subites tensions relevées après les contacts des touches 4 et 5 n'amènent pas de glissement ni de patinage des roues, et que le diagramme accuse au contraire pendant ces périodes une rapide accélération du système.

On remarquera aussi que dans le système à adhérence proportionnelle la limitation supérieure des efforts de démarrage auxquels on désire soumettre et la voie et le matériel, est obtenue de manière très simple.

Il suffit, pour atteindre ce but, de placer le crochet d'attelage (voir fig. 16) dans une position convenable en choisissant l'un des trous de logement préparés dans le levier de pression. La tension préalable des ressorts de l'égalisateur fournit également

un élément de limitation très précieux du degré de tension limite des remorques. Au delà de cette tension l'appareil glisse.

Au point de vue du démarrage, le système de tracteur décrit présente de grands avantages de souplesse et de douceur de traction du fait de l'élasticité donnée à la remorque par les ressorts antagonistes des leviers d'attelage et par le serrage graduel de ceux-ci.

Remarques au point de vue de l'application du système aux canaux européens.

Les rapports de la section mouillée du canal à la section du maître-bau des barques sont plus faibles en général en Europe qu'en Amérique ; d'autre part la forme des bateaux européens est plus favorable à la réduction des efforts de traction.

Les vitesses praticables en Amérique qui sont de 5 1/2 à 7 kilomètres à l'heure, ne sont pas compatibles avec les habitudes des bateliers européens ni avec les conditions de navigabilité de la plupart des canaux anciens dont le mouillage dépasse rarement 2 m. 20, l'enfoncement des bateaux, étant de 1,80 m. Dans ces conditions les vitesses normales à considérer dans la pratique européenne doivent être ramenées à 4,800 mètres au maximum et les efforts de traction à 400 kilogrammes pour un bateau chargé de 280 tonnes ; à 650 kilogrammes pour 2 bateaux ; à 850 pour trois bateaux chargés et à 1,000 kilogrammes pour quatre bateaux chargés.

Ces conditions sont facilement réalisables par le tracteur à adhérence proportionnelle tel qu'il a été construit en 1905 par la General Electric Cy de Schenectady en modifiant légèrement le rapport des engrenages afin de diminuer la vitesse de translation dans le rapport d'environ 7 à 5. Cette modification, tout en conservant à l'appareil son remarquable rendement électromécanique, sa grande puissance d'adhérence et son faible poids conduira à réaliser des consommations allant de 1 à 5 watts par tonne remorquée pour les trains de 2 à 4 bateaux chargés avec des vitesses de 3 à 4.8 kilomètres.

Quant à la voie, construite pour résister à des efforts de démarrage qui atteignent jusque 2,800 kg., ses proportions pourraient être réduites si l'on ne s'en tenait qu'à des considérations de résistance et de rigidité mécaniques, mais cette économie, encore qu'elle puisse être importante, n'est pas conseillable parce que l'effet de la robustesse de la voie est de diminuer les frais d'en-

retien de celle-ci, d'augmenter sa durée et aussi sa puissance disponible en cas d'afflux inopiné de trafic. Cependant, le poids de cette voie pourrait être sans inconvénient très largement réduit dans certains cas spéciaux et il est utile de tenir compte de cette circonstance dans les comparaisons économiques du système avec d'autres.

Economie du capital de premier établissement.

Voie.

Il est intéressant de comparer les conditions de premier établissement en Europe d'une voie pour traction à adhérence proportionnelle à une voie bi-rail pour tracteurs à adhérence simple.

Le prix de revient d'une voie bi-rail pour locomotive de trente à quarante chevaux en rails d'acier de 20 kilogrammes sur billes créosotées en chêne ou en hêtre, en bon ordre de construction non compris aiguillages, signaux, terrain, terrassement, mais y compris la réfection du ballastage, est actuellement de 18,250 francs par kilomètre. (Voir détail à la note ci-dessous.) (1)

Nous avons vu que la voie simple du nouveau type pèse 60 tonnes par kilomètre de voie simple : son prix, pose et peinture comprises, est de 16,000 francs par kilomètre.

En double voie, le système bi-rail représente une dépense de 36,500 francs ; la voie double du système américain pèse 105 tonnes, son prix kilométrique est de 25,000 francs, pose comprise.

En tunnel, la voie bi-rail exige la création d'un encorbeillement très coûteux et occupe une section d'au moins 4 mètres

(1) Prix de 1000 mètres de voie bi-rail en rails de 20 kilogrammes :

	Francs
1110 billes en chêne de 2 m. 60 × 0.11 × 0.22, à 4.60 frcs.	4995.00
222 rails en acier à 180 k. ou 39 T 960, à 135 frcs, la T	5394.60
222 paires d'éclisses cornières acier à 15 k. 60 ou 3 T 463, à 175 frcs	606.06
1776 plaques d'appui acier à 1 k. 29 ou 2 T 291 à 163 frcs	373.44
1332 boulons d'éclisses acier de 82 m/m à 0 k. 330, 1466.20 à 250 frcs.	153.18
4440 tire-fonds acier de 113 m/m à 0 k 330, 1466.20 à 235 frcs	344.32
Valeur des matériaux	11,866.60
Frais de coltinage 10 %	1,186.70
Valeur des matériaux à pied d'œuvre.	13,053.30
Ballast : 1 mètre cube par mètre de voie à 4.00.	4,000.00
Main d'œuvre pour pose et dressage	1,200.00
Total frcs.	18,253.30

carrés ; tandis que la structure de la voie américaine occupe à peine trois quarts de mètre carré et sa fixation à la paroi est des plus simples (voir planche n° 14).

En voie courante ordinaire, la voie américaine laisse absolument libre la voie charretière existante et n'apporte aucune entrave ni aux manœuvres de chargement sur les quais ni à l'usage du chemin de halage. Elle constitue une sorte de main courante s'appliquant au talus, s'accrochant aux quais, passant sous les ponts ou franchissant par voie aérienne les embranchements et les quais encombrés.

Elle est de tous les systèmes de voie la plus économique et la plus facilement adaptable aux conditions si diverses de l'exploitation d'un canal.

Matériel roulant.

Au point de vue du prix d'acquisition et du poids du matériel roulant, les avantages du système américain ne sont pas moindres : A puissance de traction égale, soit pour 3,000 kilogrammes de puissance de traction au crochet, le tracteur à adhérence proportionnelle pèse 2920 kilogrammes, la locomotive à adhérence par le poids, ayant cette même force de traction au crochet, doit peser 18,000 kilogrammes.

Pour les canaux à faible effort de traction, limité à 1,500 kilogrammes, le poids-limite de la locomotive à adhérence simple est de 9 tonnes ; en pratique, la plupart des appareils similaires actuellement essayés, ont de 12 à 18 tonnes.

Le poids du matériel à mettre en œuvre est donc de quatre à six fois plus faible dans le système américain que dans le système européen.

Ces derniers appareils comprennent tous les organes de suspension et d'attelage d'une locomotive avec ses dispositifs compliqués, les boîtes à graisse, les plaques de garde, les ressorts et les butoirs. Ils ont un quadruple jeu d'engrenages taillés. Le système américain est en revanche caractérisé par une extrême simplicité de la structure qui ne comprend qu'un moteur, un pignon, trois engrenages et 3 leviers articulés, le tout placé sur un châssis d'acier coulé d'une pièce.

Le coût d'entretien des deux genres d'appareils n'est pas comparable et leurs prix d'achat diffèrent de 50 %. Leur prix est dans rapport de 1 à 3 (à puissance et vitesse égales) avec double de la vitesse à vide.

Comparaison avec les appareils toueurs.

Nous éliminons de notre examen la comparaison du système américain avec les bateaux remorqueurs à hélices, en nous référant au travail de l'un des auteurs publiés à l'occasion du Congrès de Paris (1). Le faible rendement des appareils à hélices actionnés soit à vapeur, soit électriquement, met ce système de remorquage hors concours au point de vue économique, pour les petites puissances de 30 à 40 chevaux dans les voies navigables à sections réduites ou les canaux à écluses multiples et de dimensions ordinaires. Ce système ne voit apparaître ses avantages qu'à grande puissance, en rivière ou dans des canaux maritimes portant de grands trains de touage et là où la liberté d'évolution du remorqueur est un facteur essentiel de l'exploitation, en permettant à l'organe moteur d'aller chercher sa clientèle soit en mer, soit dans les parcours maritimes, ou encore à l'intérieur des bassins maritimes de configuration compliquée.

Le seul système qui puisse, en canal, rivaliser sous le rapport du rendement électro-mécanique avec le système à adhérence proportionnelle est le système des toueurs sur chaîne.

Cependant, cette concurrence est restreinte aux voies navigables dont les écluses ont des dimensions telles que l'éclusage des toueurs ou leur évolution aux approches des écluses ne diminue pas la capacité de trafic du canal.

Les points faibles du toueur sur câble ou sur chaîne immergée restent toujours le prix élevé de l'organe de traction et de la chaîne, les irrégularités de service résultant du bris ou des pertes de la chaîne et de son envasement, et enfin, les frais considérables d'entretien et de renouvellement, et les pertes de temps à la rencontre des trains.

Avec un rendement égal, le système américain peut être absolument assimilé à un système de touage dont la chaîne serait rigide et toujours visible et ne présenterait par conséquent aucun des inconvénients relatés plus haut.

(1) VIII^e Congrès international de navigation. — Paris 1900. — *Notes et expériences sur la traction électrique sur les voies navigables* par LÉON GERARD, pages 8-9-11 : Moyenne du rendement net des remorqueurs à hélice à vapeur, 0.29 ; rendement net des remorqueurs à hélice électriques, 0.32.

Conclusions.

a) En souterrain et dans les sections rétrécies des biefs ou des chemins de halage, le système américain présente une des solutions les plus élégantes du problème de la traction mécanique des bateaux. Pour la plupart des tunnels des canaux existants, il est avec le système Maurice Levy le plus recommandable.

b) Dans les lagunes et les lacs peu profonds, le système américain peut être facilement posé sur pilotis ; il s'applique en reliant les ducs-d'albe qui jalonnent ordinairement ces parties des voies navigables. Il n'a aucun des inconvénients résultant de l'envasement des chaînes de touage.

c) En canal courant, le système est d'une application facile et son prix de revient de premier établissement, tant pour la voie que pour le matériel roulant, est moindre que les frais correspondant de la traction à adhérence simple.

d) Le rendement des appareils construits à Schenectady en juin-août 1905 est égal aux rendements électro-mécaniques des meilleures voitures de tramways électriques.

e) Les dispositifs réalisés à Schenectady sont d'une application pratique tant au point de vue américain qu'au point de vue européen, à l'aide de modifications légères des appareils en vue de les approprier aux habitudes respectives des populations batelières et aux conditions techniques des diverses voies navigables.

Le prix de premier établissement de la voie n'exige qu'une immobilisation de 80 à 70 % de l'immobilisation des voies bi-rails de même puissance.

Le prix du matériel roulant est de 30 à 50 % du prix des locomotives à adhérence simple à puissance de traction égale.

La consommation d'électricité est de 15 % plus faible.

g) Comme tous les systèmes de propulsion mécanique, le système américain appelle une réglementation précise assurant soit le monopole de la circulation à ses engins, soit des dispositifs réglementaires amenant la séparation des vitesses (l'une des berges étant par exemple réservée à la traction animale, l'autre à la traction mécanique) soit encore, l'exercice facile et régulier du droit de trématage au passage des écluses ou en cours de route à des points déterminés.

Ces dispositions légales ou administratives sont essentielles pour assurer au trafic toutes les conséquences favorables de l'emploi de moyens mécaniques dont la vitesse, l'emploi judicieux d'appareils mécaniques et la régularité sont les éléments essentiels.

h) L'adoption du système de traction mécanique américain nécessite à la fois le moins de frais de premier établissement et la moindre dépense de courant. Il n'a pas seulement pour effet de permettre la réduction des frais de halage qui peuvent, dans ce système modifié en vue du service en Europe, amener à réaliser des prix voisins de 4 millimes de francs par tonne kilométrique pour des trafics d'une importance voisine de 3 millions de tonnes, de 2 1/2 millimes pour les trafics supérieurs à 6 millions de tonnes.

Avantages de la traction électrique au point de vue de l'exploitation de la voie navigable.

L'établissement des lignes de halage électrique a aussi pour effet de doter d'avantages précieux l'exploitation de toute voie navigable.

Ces avantages sont de divers ordres :

1° pour assurer l'alimentation en eau de la voie navigable par relèvement de l'eau de bief à bief immédiatement après chaque écluse, en cas de sécheresse temporaire.

2° pour l'éclairage de tous les points spéciaux en cas de nécessité d'organiser un service intensif de nuit, spécialement en hiver.

3° pour l'organisation des manœuvres rapides des portes d'écluses et des larrons et l'actionnement des poutres et treuils destinés à faciliter l'évolution des barques au passage des écluses.

4° pour l'organisation des dragages d'entretien sans chômage de la voie navigable à l'aide de dragueurs de très petites dimensions empruntant leur énergie à la ligne électrique.

5° pour les services des travaux d'entretien ou d'élargissement qui peuvent être exécutés rapidement et à très bon marché tout le long de la voie navigable en organisant en un point quelconque des chantiers temporaires économiquement pourvus d'électricité empruntée à la ligne.

Avantages de la traction électrique au point de vue général.

Les avantages économiques généraux à retirer de l'existence des lignes de distribution de force motrice électrique établies le long d'un canal, pour la population riveraine ne sont pas moindres :

Dans les régions largement pourvues de stations hydro-électriques puissantes, telles que la région des Lacs et de l'Hudson en Amérique, ou les pays pyrénéens et piémontais en Europe, cette réaction secondaire du halage électrique sur l'abaissement du prix de vente au public de l'électricité n'est naturellement pas aussi sensible que dans les régions à production électrique plus restreinte basée sur l'emploi de la houille noire.

Des les premières régions, le phénomène économique est d'autre caractère et l'établissement du halage électrique y est rendu plus facile et ses immobilisations plus facilement rentables du chef de la pré-existence d'installations électriques économiques. La diminution des frets, l'augmentation du trafic du canal, la rapidité de ses échanges, favorisent le développement d'industries nouvelles le long de la voie navigable.

Ces conséquences sont d'autant plus immédiates que l'organisation de la distribution électrique se prêtera plus facilement à l'établissement des appareils de déchargement, des organes de levage, des dispositifs de transbordement en entrepôt ou sur les wagons des chemins de fer électriques d'intérêt local ou des railways ordinaires.

L'importance économique de l'organisation méthodique de ces points de contact et d'échanges est énorme et l'électricité à bon marché, empruntée à une source unique, est un des éléments essentiels de cette organisation si désirable et si féconde.

D'autre part, dans les régions à production électrique basée sur l'emploi de la houille noire, l'effet de l'établissement du halage sur l'industrie électrique elle-même est plus direct et peut aller jusqu'à permettre la vente de l'électricité au public à des prix très voisins de ceux pratiqués sur les réseaux à houille blanche.

Le principal élément de diminution du prix de revient de l'électricité à distribuer par réseaux est le groupement sur ceux-ci de diverses catégories de consommateurs d'énergie de manière à augmenter l'utilisation annuelle des puissances installées. L'établissement du halage dans une région agit très puissamment sur cette utilisation ; aussi, dans les régions où l'élec-

tricité est produite par le charbon, l'établissement du halage ou de remorquage électrique ne doit pas être, dans la plupart des cas, considéré au point de vue économique comme le seul objet de la ligne de distribution électrique établie à cette occasion. Sur beaucoup de canaux, la navigation cesse avec le jour, ou présente à ce moment des alternatives et des variations d'activité assez grandes, de telle sorte que la force motrice et le personnel peuvent être économiquement et pratiquement utilisés à la distribution de l'énergie électrique sous toutes ses formes pour les usages publics et privés, et particulièrement pour l'éclairage.

Grands ou petits consommateurs, tous les affiliés à un réseau semblable, bénéficient donc de la coopération industrielle établie entre eux par la ligne électrique dont le principal client régulateur est le halage.

Le caractère principal du progrès à résulter de ces établissements est que les grands consommateurs ne sont pas seuls à en bénéficier et que la rénovation de la petite industrie à domicile, le rétablissement des industries familiales du tissage, de l'armurerie, de la mécanique de précision, du travail du bois et des métaux, est lié intimement en Europe au développement des lignes de distribution d'énergie électrique. A côté de ces consommateurs et de ces industriels spéciaux, les grandes coopératives agricoles se présentent dans certains cas comme pouvant bénéficier directement de ces avantages de la distribution de la force motrice.

Il y a donc un intérêt d'Etat des plus puissants à développer pratiquement de tels organismes aussi bien dans les régions industrielles que dans les régions agricoles et les conséquences économiques à résulter de l'établissement du halage électrique sont la régularisation du trafic par eau, l'augmentation de la vitesse de transport et de la capacité utile de trafic des voies navigables sans augmentation du prix de remorquage à la tonne-kilomètre, une plus facile exploitation de la voie navigable pour son alimentation, sa manutention, son éclairage et enfin la diminution du prix de l'électricité disponible, non seulement pour tous les services de la voie navigable elle-même mais encore pour les populations riveraines dont elle alimente et développe les industries.

Bruxelles et New-York, mai-août 1905.

ST. JOHN CLARKE et LÉON GERARD.

THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
3. Communication

THE MORTGAGING OF INLAND SHIPPING

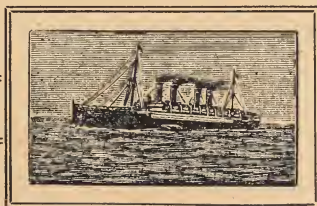
GENERAL REPORT

BY

Mr. Fr. BERLINGIERI

Professor

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS
PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

—
1905

ON THE MORTGAGE OF BOATS USED

FOR INLAND NAVIGATION

GENERAL REPORT

BY

Mr. François BERLINGIERI

Barrister

Professor at the University and at the Naval School of Genoa

Three important reports deal with the question of the mortgage of boats which are used for the navigation of rivers, lakes and canals.

Mr. Kisker, Privy Councillor of the German Government, Mr. Frola, Senator of the Kingdom of Italy, and Mr. de Sanctis, a retired Italian civil engineer, have given the Congress the benefit of their valuable researches on a subject which the legislators of different countries have until now not appreciated at its proper value and have failed to deal with in accordance with the importance which it has attained and is gaining day by day, owing to the enormous development of river shipping and inland navigation.

Vessels used in inland navigation are still taxed in many countries as regards their real rights *droits réels*, as if they were personal estate.

The most curious case is that which occurred in Italy. The Italian legislator, by the Commercial Code of 1833, abruptly disregarded the measures established by former codes and by the French Code and at a stroke of the pen, rendered all the stipulations, contained in Book II on Maritime Commerce, applicable to inland navigation. I say at a stroke of the pen, because it appears on glancing through the minutes of proceedings of the Commission, that the phrase « *On Maritime Commerce and Navigation* » was used deliberately so as to include in the said Book, the case of navigation on lakes, rivers and canals.

That this is the intention is proved also by articles 490 and 501 which refer explicitly to inland navigation so as to render

certain measures governing maritime navigation inapplicable to it. This implies without a doubt that all the other measures apply equally to the two kinds of navigation.

The fault of this amendment is that no account has been taken of the fact that it is impossible to apply to inland navigation all regulations which relate to maritime navigation.

For instance it is very much open to discussion whether the measures which bear upon the captain's powers on a voyage, upon the abandonment of the ship and upon privileges, which have been determined by the requirements of maritime navigation, have the same *raison d'être* to be applied to the restricted navigation of our lakes.

Some distinction should at least be drawn between the ships which navigate on rivers with an outlet to the sea and ships which merely navigate on inland lakes. Whether this be admitted or not, there is no doubt it would be extremely desirable, and there would be no disadvantage, if some uniform system could be arrived at for the mortgage of sea-going vessels and of ships for inland navigation, having due regard to the difference in the two kinds of navigation.

The Dutch Code and also several other codes have already taken up this point of view.

I, therefore, associate myself completely with the reporters Messrs. Frola and de Sanctis, in the conclusions which they have formulated on this point.

Mr. de Sanctis proposes an order of the day to the Congress which conforms to the resolution adopted at the Conference of Amsterdam in respect to the unification of the laws on maritime mortgages. He expresses the hope that this unification may be applied equally to inland navigation.

The order of the day proposed by Mr. de Sanctis can only meet with approval.

The advantages of such a measure have already been exposed by the Minister of State, Mr. Asser, at the Amsterdam Conference.

« I think (he says) that if one refers the question of harmonizing the conflicting laws on mortgages, taxes and privileges of ships to a future Conference, one may count upon the support of one of the Powers which has not yet expressed any definite views on the subject but whose co-operation we value most highly. This co-operation might possibly be assured if the subject under discussion were to include also the question of harmonizing the conflicting laws on international fluvial

» navigation. You all know of course that I allude to Germany,
» which is particularly interested in the unification of the laws
» which refer to mortgage on fluvial navigation, especially as
» regards navigation on the Rhine.

» I do not know of any reason why the question of interna-
» tional fluvial navigation should not be merged with that of
» maritime navigation in respect to this. »

Senator Frola, in his report which contains an interesting exposition of comparative law on mortgages as applied to ships, submits the following conclusion to the Congress : —

« Whereas the mortgages on ships which are used for inland
» navigation, may assume a conventional form, they should
» lend themselves to being drawn up in the form of legal mort-
» gages and of judicial mortgages in such terms as will guaran-
» tee that their inscription of all kinds shall be made public. »

This is a most important question, and the arguments adduced by the reporter in support of his opinion, certainly deserve the fullest consideration.

As, however, the question of legal and judicial mortgages touches upon the civil law of nations and as legislators and jurists are far from agreeing whether it is right and suitable that mortgages of this kind should be included in the general law of mortgages, it would perhaps be better if the reporter were not to insist at present upon his conclusion, as the discussion at the Congress might be led outside the scope of its programme.

The important report sent in to the Congress by Mr. Kisker, contains a logical and very precise description of German legislation on the mortgage of ships.

This account shows us that in Germany, as elsewhere, the guarantee on ships which are used for inland navigation, was originally ruled by the common law which relates to security on personal estate and stipulates that the object pledged as security shall be made over to the creditor.

Germany now has a complete set of laws on the mortgage of vessels which are used for inland navigation. These laws are based upon the registration of the vessels in the *Commercial Registers* which are deposited for this purpose at German courts-of-law and particularly at the offices of bailiffs.

This system has, however, two serious defects which the reporter is careful to point out.

The question of whether the ships may or may not be entered in these registers depends upon their size. Steamships and vessels propelled by any other means must have a minimum capacity of transport of 15000 kilos, in order to qualify for registration, whilst other vessels must have a minimum transport capacity of 20,000 kilos.

Vessels which do not fulfill these conditions and which are consequently not entitled to registration, cannot be mortgaged.

Furthermore a ship which is in course of construction cannot be registered.

If small craft, which are so often used for inland navigation, are not intrinsically worth the expenses which it appears are entailed by the act of registration, special registers should be adopted for the purpose, as prescribed by the Italian Code of Commerce in respect to vessels which are exonerated from the act of declaration of nationality.

The legislature of each State is authorized by the laws of the Empire to adopt special registers for the inscription of mortgages on ships in course of construction.

This authorisation lessens, as regards ships in construction, the unfortunate consequences of their exclusion from the benefits of the law on mortgages because (as the reporter points out) it is precisely during the initial stages of construction that one should be empowered to borrow on duly registered mortgage security (1). This is so true that we find from published statistics that more maritime mortgages are taken out on ships in construction than on ships at sea.

The portions of the report which deal with the limits within which a mortgage may be taken out, with the putting in of an execution and with the mortgage of parts of the ships, are most important.

One knows that according to maritime law, a ship which is ready for sea cannot be attached (art. 482 of the German Code of Commerce and art. 881 of the Italian Code of Commerce). This measure which, in the interests of maritime trade, infringes the rights of creditors, is not allowed to apply, according

(1) The bill on mortgages and on naval credits which was submitted to the Italian Senate on May 23. 1902. and which is referred to in Mr. Frola's report, authorises also the registration of a mortgage on a ship in course of construction or re-construction, on condition that the value of the work which has been done on the hull at the time of the mortgage, shall be equivalent to at least four-fifths of the amount of the loan.

to German law, to inland navigation. And this departure from the principles of common law has very justly not been extended to river craft because, as Mr. Kisler remarks, the consignor in this case has all kinds of means at his disposal for forwarding his goods to destination.

This confirms us once more in the opinion that if the same laws are to be applied equally to the mortgage of sea-going vessels and to that of river craft, the different conditions under which maritime navigation and inland navigation take place, must be considered to a certain degree.

In conclusion, one may say that the German law on the mortgage of river craft embodies a series of measures which may well serve as a model for the legislators of other countries. The regulations on the registration of the mortgage, especially as regards small craft, ships in construction and parts of ships might, however, be improved in the interest of inland navigation.

FR. BERLINGIERI.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

3. Communication

DE L'HYPOTHÈQUE

SUR LES

BATEAUX DE NAVIGATION INTÉRIEURE

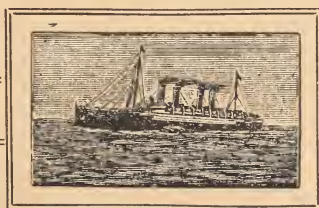
RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

M. Fr. BERLINGIERI

Professeur

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

DE L'HYPOTHÈQUE

SUR LES

BATEAUX DE NAVIGATION INTÉRIEURE

RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

M. François BERLINGIERI

Avocat

Professeur à l'Université et à l'École Navale supérieure de Gênes

L'hypothèque sur les bateaux de navigation intérieure forme l'objet de trois importants rapports.

M. Kisker, Conseiller intime supérieur du Gouvernement allemand, M. Frola, Sénateur du Royaume d'Italie, et M. de Sanctis, Ingénieur du Génie civil italien en retraite, apportent au Congrès le précieux concours de leurs études sur cette matière que les législateurs des différents pays n'ont pas, jusqu'ici, envisagée et réglée d'une manière conforme à la haute importance qu'elle a et qu'elle acquiert de plus en plus de nos jours, à raison de l'énorme développement qui s'est produit dans les armements fluviaux et dans la navigation intérieure.

Dans beaucoup de pays, les navires d'intérieur sont encore assujettis, pour ce qui a trait aux droits réels, au même régime qu'un objet mobilier quelconque.

Le cas le plus curieux est celui qui s'est produit en Italie. Le législateur italien, s'écartant brusquement, dans le Code de Commerce de 1883, du système suivi par les Codes précédents et par le Code français, rend d'un coup de plume, applicables à la navigation intérieure toutes les dispositions du II^e livre consacrées au commerce maritime. Je dis d'un coup de plume, car, en compulsant les procès-verbaux de la Commission, il appert que, dans le but de comprendre dans le dit livre la navigation sur lacs, fleuves et canaux, on résolut d'adopter l'intitulé : *Du commerce maritime et de la navigation*.

Et l'adoption de ce système résulte aussi des articles 490 et 501, qui, se référant d'une manière explicite à la navigation intérieure pour rendre inapplicables, à son égard, certaines dispositions réglant la navigation maritime, ne laissent aucun doute que toutes les autres dispositions sont également applicables aux deux navigations.

Cet amendement a eu le tort de ne pas tenir compte que toutes les règles relatives à la navigation maritime ne peuvent pas être appliquées à la navigation intérieure.

Par exemple, il est fort discutable que les dispositions sur les pouvoirs du capitaine au cours du voyage, sur l'abandon, sur les privilèges, qui ont été créés par les besoins de la navigation maritime aient la même raison d'être à l'égard de la navigation limitée de nos lacs. Il faudrait, du moins, distinguer entre les navires des rivières communiquant avec la mer et ceux qui sont destinés à naviguer dans l'intérieur d'un lac. Quoi qu'il en soit, il est certain que, non seulement il ne peut y avoir aucun inconvénient, mais qu'il serait très utile de régler d'une manière uniforme l'hypothèque sur les navires de mer et celle sur les bateaux de navigation intérieure, sauf à tenir compte de la nature différente des deux navigations.

Le Code hollandais et plusieurs autres encore, sont entrés déjà dans cette voie.

Je me rallie donc complètement aux conclusions qui, sur ce point, sont formulées par les honorables rapporteurs Frola et de Sanctis.

M. de Sanctis propose au Congrès un ordre du jour adhérent à la résolution de la Conférence d'Amsterdam relative à l'unification législative en matière d'hypothèque maritime et exprimant le vœu que cette unification s'étende aussi à la navigation intérieure.

L'ordre du jour de M. de Sanctis ne peut être qu'approuvé.

L'utilité d'une solution dans ce sens a été déjà mise en lumière à la Conférence d'Amsterdam par le Ministre d'Etat, Asser.

« Je crois (disait-il), que si l'on renvoie à une Conférence prochaine la question de la solution des conflits de loi en matière d'hypothèques et de droits réels et privilèges sur les navires, on serait sûr de la sympathie d'une des puissances au concours de laquelle nous attachons le plus grand prix et qui, jusqu'à présent, ne s'est pas exprimée définitivement à cet égard ; on s'assurerait peut-être ce concours si l'on étendait la question à discuter la solution des conflits de lois en matière de navigation fluviale internationale. Vous comprenez tous que l'Etat

dont je parle particulièrement, c'est l'Allemagne. Elle tient à voir régler d'une manière uniforme, surtout la matière de l'hypothèque fluviale, spécialement en ce qui concerne la navigation sur le Rhin.

Rien n'empêche, je crois, d'assimiler, quant à cette matière, la navigation internationale fluviale à la navigation maritime. »

M. le sénateur Frola, dans son rapport, qui contient une intéressante étude de droit comparé sur l'hypothèque appliquée aux navires, présente aussi au Congrès la conclusion suivante :

« L'hypothèque sur les navires destinés à la navigation intérieure, tout en pouvant être conventionnelle, doit aussi pouvoir revêtir la forme de l'hypothèque légale et de l'hypothèque judiciaire avec des dispositions garantissant la publicité des inscriptions de toute espèce. » C'est là une question très importante et les motifs exprimés par l'honorable Rapporteur en soutènement de son opinion méritent certainement la plus grande considération.

Mais comme la question concernant l'hypothèque légale et l'hypothèque judiciaire touche au droit civil des nations, et que les législateurs et les juristes sont bien loin de se trouver d'accord sur le point de savoir s'il est juste et convenable d'admettre dans le régime hypothécaire de pareilles hypothèques, il est peut-être à désirer que l'honorable Rapporteur n'insiste pas, pour le moment, sur sa proposition, qui très probablement entraînerait les discussions du Congrès sur un terrain qui se trouve trop en dehors de son programme.

M. Kisker a présenté au Congrès avec son important rapport, un exposé rationnel et très exact de la législation allemande sur l'hypothèque des navires.

Cet exposé nous montre qu'en Allemagne, comme, du reste, partout, la garantie sur les navires de navigation intérieure a commencé par être laissée sous l'empire du droit commun relatif au gage des choses mobilières, qui impose la nécessité de transmettre au créancier la disposition de l'objet donné en garantie.

L'Allemagne possède, en ce moment, un système législatif complet sur l'hypothèque des bateaux de navigation intérieure, système qui repose sur l'inscription des bateaux dans les *Registres de Commerce* tenus à cet effet près les tribunaux allemands et spécialement aux sièges des baillis.

Ce système cependant présente deux graves imperfections que l'honorable rapporteur a soin de faire remarquer.

L'inscription dans les registres dépend de la grandeur du navire. Les navires à vapeur ou ayant un propulseur d'une autre nature doivent avoir, pour être enregistrés, une puissance de transport minima de 15,000 kgrs. et les autres navires une puissance de transport minima de 20,000 kgrs. Or, les navires qui ne remplissent pas ces conditions, ne pouvant pas être enregistrés, ne sont pas susceptibles d'hypothèque. En outre, l'inscription d'un navire en construction n'est pas permise.

Si les petits bateaux, qui sont d'un usage si fréquent dans la navigation intérieure, n'ont pas une valeur intrinsèque qui puisse justifier les formalités et les frais qui doivent, paraît-il, accompagner l'inscription, il faudrait instituer des registres spéciaux pour leur enregistrement, ainsi qu'il est prescrit par le Code de Commerce italien relativement aux bateaux qui sont exonérés de l'obligation de l'acte de nationalisation.

L'institution de registres spéciaux est consentie, par le droit de l'Empire, au pouvoir législatif de chaque Etat pour l'inscription des hypothèques des navires en construction.

Et cette autorisation amoindrit, pour les navires en construction, les conséquences fâcheuses de leur exclusion de pouvoir bénéficier de la loi sur l'hypothèque, car (comme il est observé par l'honorable rapporteur), c'est précisément pendant la première partie de la construction que l'on devrait avoir le droit d'emprunter sous garantie d'une inscription hypothécaire (1). Cela est si vrai que les tables statistiques nous enseignent que les hypothèques maritimes sont plus nombreuses sur les navires en construction que sur ceux qui sont à la mer.

Très importantes sont les parties du Rapport concernant les limites du droit d'hypothèque, l'exécution de la saisie et l'hypothèque sur parties de navires.

On sait qu'en droit maritime le navire prêt pour le voyage ne peut pas être saisi (art. 482 du Code de Commerce allemand et 881 du Code de Commerce italien). Cette disposition qui, dans l'intérêt du commerce maritime, consacre une violation des droits des créanciers, n'est pas admise par le droit allemand sur la navigation intérieure. Et c'est à juste titre que cette déro-

(1) Le projet de loi sur l'hypothèque et sur le crédit naval qui a été présenté au Sénat italien, dans la séance du 23 mai 1902 et dont il est parlé dans le rapport de l'honorable sénateur Frola, permet aussi l'inscription de l'hypothèque sur le navire en construction ou en reconstruction, à la condition que la coque soit exécutée au moins pour les quatre cinquièmes des frais correspondants.

gation aux principes de droit commun n'a pas été étendue aux bateaux fluviaux, car, ainsi qu'il est remarqué par M. Kisker, dans les relations intérieures l'expéditeur dispose de toutes sortes de moyens pour faire parvenir les marchandises à destination.

Cela nous confirme une fois de plus que, en adoptant un même régime pour les hypothèques des navires maritimes et les hypothèques des bateaux fluviaux, il faut tenir compte, jusqu'à un certain point, des conditions différentes dans lesquelles s'exerce la navigation maritime et la navigation intérieure.

En concluant, on peut bien dire que le droit allemand sur l'hypothèque de navigation fluviale consacre un ensemble de dispositions dont peuvent s'inspirer les législateurs des autres pays. Seulement, les règles concernant l'inscription de l'hypothèque, spécialement pour ce qui a trait aux petits bateaux, aux navires en construction et aux parties de navires, pourraient être améliorées dans l'intérêt de la navigation intérieure.

FR. BERLINGIERI.

THE LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ALABAMA

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
3. Communication

THE MORTGAGING OF INLAND SHIPPING

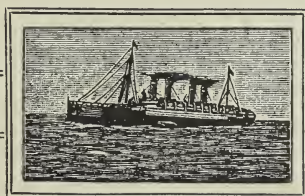
REPORT

BY

KISKER

Geheimer Oberregierungsrat

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

THE MORTGAGING OF INLAND SHIPPING.

REPORT

BY

Mr. KISKER,

Geheimer Oberregierungsrat.

Ship Credit in General.

For the successful development of over-sea as of inland shipping it is of equally trenchant importance, that the bases be strengthened on which shipowners may obtain healthy credit. If the Legislature cannot, by its enactments give the creditor a guarantee that he will really obtain satisfaction out of the pledged vessel by the covenanted repayment of the moneys advanced upon it, it will often be impossible for the shipmaster to obtain, against suitable interest, even the means necessary for carrying on his work.

The Mortgaging of Inland Vessels and the German Legislation.

The Legislatures of the various Maritime States of Germany had already arrived at a sufficient settlement of the question of the mortgaging of sea-going vessels by making the registers of shipping, which were introduced by the Deutsche Handelsgesetzbuch of 1861 (Articles 432 to 438), in order to enable a control to be exercised over the right to fly the national colours, subserve the purposes of civil law here in question. It took decades of effort before the classes interested could succeed in bringing about a similar settlement for Inland Shipping. Meanwhile, in cases in which an inland vessel was to be so pledged as security for an account, that the creditor was at liberty to obtain satisfaction out of the vessel, the best had to be made of the general rules for the pledging of moveable articles. The means for making the transaction known were primitive, an unavoidable part of the transaction being that the pledging of

the vessel should be made unmistakably clear to the eyes of third parties, in that the possession and right of disposition of the pledged vessel was placed in the hands of the loangiver. Not much better were the circumstances within the spheres of the Prussian Common Law and of the Oldenburg Legislation, although here the burden was eased by the circumstance, that instead of the actual surrender of the object a symbolical one was made admissible. This consisted in the endorsement (in presence of a legal authority or notary) on the title deed of the inland vessel, of the lien made on the same and in the handing over to the creditor, of an attested copy of the document. A clear and transparent system in regard to credit in shipping was still not forthcoming. This indispensable requirement can only be met by a book open to all, in which every one can at once see, whether and what liens on the hull of a vessel are held by third parties.

The former Kingdom of Hanover ordained, in the same manner as for plots of land, the keeping of mortgage-books for vessels. The example was not followed by other States of the Confederation. It would seem to be a sufficient reason for this, that the owner of a vessel, when he contracts a loan on it, does not usually avail himself of the means of others for such a length of time as the owner of a plot of ground might do. The credit asked for, is as a rule only a temporary one which neither does, nor in the nature of the circumstances can possess the lasting character, which is essential in the case of credit obtained upon real estate. The formal slowness of procedure necessarily connected with the mortgage system, does not accord with the requirements of traffic on the domain of Inland Shipping.

The Hanse Towns of Hamburg and Bremen, which in the first line are interested in the question, made the most of their experience and took the trouble in their legislative works during the eighties of last century to fill up the acutely felt practical gap, by making the institution of the shipping register universal and, as had already been done for sea traffic, by allowing, on the domain of inland shipping, the entry of any lien that may be effected, as a special formality for the security of the creditor.

The German « Bürgerliches Gesetzbuch ».

On the path trodden by its free towns, the German Realm followed, as, about the middle of last century, it arranged the subject matter for the enactments relating to the civil law condi-

tions of Inland Shipping. The principles then adopted, were taken over by the *Bürgerliches Gesetzbuch* of August 18th. 1896, which on Januar. 1st. 1900 came into force in the whole Realm of Germany (*Reichsgesetzblatt*, 1896 Page 195). In a few points, it is true, they had at the same time to be remodelled and added to. With the new uniform settlement of the civil law in general, and of the material in relation to liens on vessels in particular, the necessary preliminaries were provided for the introduction of consistent prescriptions on the domain of the hypothecation of vessels, not only in form, but also in reality. The new German settlement, moreover, has the advantage, which for general use is of importance, that its force is not confined to the inland vessels which are the subject of the present communication, but extends to sea going vessels as well.

The Pledging of Registered Vessels.

For the applicability of the section of the German *Bürgerliches Gesetzbuch* referring to the Law of Liens on Inland Shipping (§§1259-1271) the circumstance is assumed, that the vessel is entered in the shipping register of the German legal authority, the province of which it is to keep up the commercial register — generally the *Amtsgericht*. In regard to the entitlement to registration, this is regulated by the 9th. section of the *Binnenschiffahrtsgesetz* (in the form given on May 20th., 1898 ; Sheet No. 25 of the Law of the Realm, Page 900). According to this the law may apply to all vessels of whatever kind, even if they are not destined for the acquisition of money by navigation. The assumption, indeed, is made that they hail from German ports, i. e. that their navigation is conducted from a place in Germany. What the nationality of the owner may be, has no influence on the question. For international traffic, then, difficulties may unquestionably intervene, if a prescription does not exist, according to which the right of pledge may be applied to a vessel only in accordance with the laws of its port of registry, which in such case alone have force. Further the entry in the register is made to depend upon the ship's being of a certain minimum size. For only a sufficiently considerable economical value seems to render justifiable the application of the system, accompanied, as it necessarily is, with formalities and expense. Steamships, and indeed all vessels having motive power of their own, must have

a carrying capacity of more than 15,000 kilogrammes ; all other vessels a carrying capacity of more than 20,000 kilogrammes. The entry-limit is thus, in the case of inland shipping, determined by the carrying capacity, and not as in the case of sea-going vessels by the gross register tonnage. If, however, the construction of the inland vessel is not yet completed, but is still in progress, its registration is debarred. From an economical point of view the principle involved must at once be evident. It might be assumed, that the legal possibility of pledging, as brought into existence by registration, would be of especial value during the stage of construction. It might further be said, that with the abolition of this possibility a new factor is brought into existence, the effect of which is, in an undesirable manner to force the inland shipping industry into the hands of large firms. The Law of the Realm has in fact left it to the State Legislatures, to allow the registration and therewith the making of a lien, in their respective districts, by the entry in a special register to be instituted for this sole purpose. Of this reservation made by the Law of the Realm, Bremen alone, of all the States (*Ausführungsgesetz zum Bürgerlichen Gesetzbuche* § 30), has made use.

The Pledging of Vessels that are not Registered.

For vessels which do not fulfill the preliminary conditions mentioned and in consequence remain excluded from registration, the old Law of the Realm above referred to, is, in general, applicable, according to which the owner has to give up the right of disposition over the object pledged, and hand it over to the creditor (*Bürgerliches Gesetzbuch* §§ 1204 to 1256). An owner, however, who omits to have registered an inland vessel, which according to its nature and condition would be fitted for registration, has himself to blame for all difficulties which in consequence may arise, in particular in an eventual attempt to use the vessel as an object on which to obtain credit.

The Registration of Liens.

In the case of inland vessels which are registered, the formal act of the entry of the lien in the register takes the place of the actual handing over of the object itself. The mortgager remains

in possession of the vessel. Before the above formality has been gone through, those concerned are under binding obligation only when the agreement is attested by a legal or notarial authority, or confirmed by the registering authorities, or handed in to the latter, or when the mortgager has handed over permission for the making of the entry to the creditor.

Order of the Liens one with another. — Lawful Mortgagees.

The order of priority, of the registered liens is determined by that of their entries.

Other kinds of liens of the nature of special contracts, are not allowed by law. A legal recognition of these would only serve to mislead and damage the lien-holder who might lend money to the shipmaster, without strengthening the financial confidence placed in the latter. On the other hand the peculiarity of the circumstances to be taken into consideration, made it appear unavoidable, that certain claims should, as in the analogous case of maritime law, legally carry the right to be satisfied before those of the lien-holders, even when these latter claims are entered in the register (*Binnenschiffahrtsgesetz*, 7th. section). An unquestionable priority of claim belongs to the public ship and navigation tolls, the demands of the crew on account of their contracts of service, the pilotage dues, the charges for salvage and assistance, the average-money for extensive damages, and the demands on the score of legal business, for which the shipmaster has in cases of emergency made the vessel liable. The granting of priority was influenced by consideration partly for the personality of the creditor and partly of the question of the useful application of the money. In addition there were further admitted into the category of « creditors of the vessel », the holders of claims on account of non-delivery or damage of the cargo on account of law-business done by the shipmaster by virtue of his legal status, those persons who by reason of the fault of any member of the crew intend to claim damages from the owner of the vessel, and the holders of insurances against accident, disablement, or illness. This second category, however, do not in every case obtain priority, but only when their claims have arisen earlier in point of time. The amounts in question belonging to this class may indeed, in proportion to the value of the vessel, under certain circumstances assume dimensions that are considerable. Were these claims under all circumstances allowed

priority over the competing liens, it might easily happen that no sufficient basis remained, by virtue of which the owner of the vessel could obtain credit on her.

The entry of the lien made in the register, must not only be made known to the persons concerned, but it must also as soon as possible be entered in the ship's-certificate, which is to be kept in agreement with the register. The notification in the ship's-certificate is not, however, sufficient to take the place of the entry of the lien in the register, nor to assume any other importance, than that of information given in addition to the latter.

Popular Faith in the Statements of the Register.

In regard to the question, whether the holder of a lien is really the owner of the vessel, the creditor must satisfy himself by enquiries of his own. The statements of the register on this head are not matters of such far-reaching public faith, that their subject matter must, in the interest of a third party who may have obtained a claim of the vessel, be taken as correct. On consideration of all the circumstances, it can only meet with approval, that Germany has refused to widen the signification of the register to this extent, because otherwise the almost necessary consequence would have been, that the change of ownership of a vessel must have been made to depend on the transference in the register, and that no right of disposition could be exercised without the transaction being duly booked. The consequence of such a state of things would have been an intolerable burden to the traffic. The German Legislator has contented himself with making it a certainty, that the information given by the register in regard to the vessel and its ownership will be in conformity with the actual facts, by giving power to the law-courts, as in the case of the notifications to the commercial register, to compel the owner, on pain of punishment, to make the initial entry, and following this to give notice of any alterations which may take place in regard to facts and rights once entered, such as the loss of a vessel or its irreparable condition. On the other hand, in regard to the statements supplied by the register on the head of pledging, i. e. the notices of lien, the popular faith in the register is complete. Whoever may subsequently obtain a claim on a vessel, must recognize the force of these statements, where they apply against himself. The lien, so long as it stands in the register, preserves its validity in case of the sale of or as-

sumption of liability by a vessel, even when the buyer believes his title to be a clear one. If the lien has been wrongly removed from the register, it is not to remain valid against a claimant who has bought in good faith. An effective protection against the dangers thus unavoidably arising, is afforded to the creditor in the form of a claim to the rectification of the register in cases in which he may find out and prove, that its statements are not in accord with the real legal conditions.

Moveable Nature of the Lien.

In all the points that have been discussed there appears, as a consequence of the use of the public book, from a legal point of view, a certain similarity with the Law of Real Estate i. e. with the Law of Hypothecation. In regard however to the fundamentally moveable nature of the lien on an inland vessel, such apparent similarities have no influence. The wording, then, of the heading, as prescribed by the Congress Authorities, is not quite in harmony with German terminology.

Limitations of the Rights of Lien.

In agreement with the Law of Hypothecation the German *Bürgerliches Gesetzbuch* further handles the economically important question, within what limits the property value represented by the vessel is to provide security to the pledge-holder. The liability is limited to the amount of the claim entered in his name, and the interest according to the rate likewise entered, including interest for deferred payment, and also costs. The appurtenances of the vessel are included ; neither are the insurance moneys, nor the claims for indemnification in cases of extensive damage or of illegal infliction of damage.

Liens for Claims of all Kinds.

So far, then, as the nature of the claims is concerned, for which the lien on a vessel can be given as security, there is no reason for introducing a legal limitation here. The registering of a lien is, amongst other cases, admissible for that of a claim on account

of a promissory note of the owner, of a bill or of other indorsable paper. It may take place in the manner of a security mortgage, in which entry is made only of the maximum amount to which, in default of payment, claim will be made upon the vessel, and in which moreover the amount of the claim is reserved for future determination. The inadmissability of entries in this form, which before the issue of the *Bürgerliches Gesetzbuch*, had to be reckoned with in sea traffic also, had in practice frequently proved a great disadvantage. This had especially been the case in connection with loans of the great shipping companies. As pledges of security, entries of attachments are also made, at the instance of the creditor, after they have been carried into effect by the bailiff. The entry of a lien on a vessel in the place of a judicial distraint is not admissible.

Distraint.

The creditor cannot without further ado seek satisfaction out of the vessel and its appurtenances pledged to him, as in the case of pledges on ordinary furniture, by putting them up for public sale. He is required by law first to procure, by suit-at-law, a right of execution, and on the ground of this to institute a forced sale. A judicial administration is not admissible. Further particulars are to be found in the 2nd. Section of the Law of the Realm of March 24th. 1897 (*Reichsgesetzblatt* 1898, 730 and following pages). In general the legal provisions as to distraint in plots of land make their appearance here also, as indeed with solitary exceptions, was hitherto the case in connection with the local enactments of a number of the German States. Only the process of distraint prescribed for plots of land corresponds with the economical importance, which the ships must claim for themselves on account of their size and value, and of the range of interests to be taken into account in connection with them.

Competent in respect to the coercive measures, is the lower court (*Amtsgericht*) within the jurisdiction of which the vessel happens to be. The ship register takes the place assumed in the case of plots of land by the register of landed property. Since however, as I have already pointed out, the change of ownership takes place by delivery without the transcription of the vessel in the register to the name of the buyer, the prosecuting creditor is not obliged to prove that the debtor named in the « right of

execution » has the proprietary right in the vessel. He need only plausibly assert, that the vessel is in possession of the debtor as ostensible owner, even though only mediately. The owner not in possession, must make it his business to obtain his rights by means of executive intervention. The Lower Court makes the necessary arrangements necessary for the watch and ward of the vessel. Such appurtenances as may be in the possession of the debtor, are included amongst the articles sold by auction. If the latter be the property of a third party, it is his affair to petition the Court to have them excluded from the sale, before conclusion of the latter. The German Law has not considered that a need existed for the transference of the interdiction of the forced sale in a vessel that lies ready to depart, from the Marine Jurisdiction (*Handelsgesetzbuch* § 482) to the Inland Shipping Jurisdiction, since the conditions here ruling are to a considerable extent different. In the inland traffic there are constantly at the command of the freighter, other ways by which he can get the goods forwarded to their destination.

In vessels that are not registered the forced sale takes place as in case of ordinary goods and chattels. This rule is also followed in Bremen in the issue of the Special Provisions, alluded to on page 4, in regard to the course of procedure applicable to vessels still under construction. Bremen has contented itself by ensuring that the liens permitted by its Special Provisions receive recognition (*Bremisches Ausführungsgesetz* of July 18th. 1899 in regard to the laws of forced sales, § 5).

The Pledging of Shares in Vessels.

What has been adduced in regard to the pledging of registered inland vessels, is also applicable in its general conditions for the lien which is given on the share of a part-owner of such a vessel. The utilization of suchlike ship shares as bases for the obtainment of credit, was effected in accordance with the earlier law prevailing over a part of Germany, just as was also that of a whole vessel, by means of symbolical transfer. In some other states, in which, at a later date, the register of inland shipping was introduced, the entry of liens of shares was, however, inadmissible. In a number of States legal provisions which rendered possible the pledging of shares, were altogether wanting. Whether, from an economical point of view, a necessity existed for the general introduction by the German *Bürgerliches Gesetz-*

buch of the registration of a lien on shares in vessels, may be left an open question. The permission to register these seemed desirable, if for no other reason, because otherwise the danger existed, that the object of the newly introduced system of the pledging of inland vessels would be subverted. Had the provisions of the State Legislatures been left as they were, the liens on the share of the part-owner, made in accordance with them, but not appearing in the register, must logically have taken precedence of liens made on the whole vessel at a later date by entry in the register.

Berlin, January, 27th., 1905.

KISKER.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

3. Communication

DE L'HYPOTHÈQUE

SUR LES

BATEAUX DE NAVIGATION INTÉRIEURE

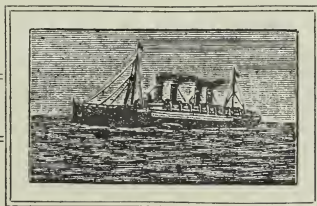
RAPPORT

PAR

M. KISKER

Conseiller intime supérieur du Gouvernement

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

L'HYPOTHÈQUE

SUR LES

BATEAUX DE NAVIGATION FLUVIALE

RAPPORT

PAR

KISKER

Conseiller intime supérieur du Gouvernement

Du crédit sur navires en général.

Pour le développement normal de la navigation maritime aussi bien que pour celui de la navigation intérieure, il est d'égale importance que les bases, suivant lesquelles les propriétaires de navires peuvent se procurer un crédit sérieux, soient consolidées. Comme la législation, dans ses principes, ne donne au créancier aucune garantie concernant le parti qu'il peut tirer du navire gagé dans le cas où les fonds avancés ne lui sont pas rendus suivant convention, le batelier souvent ne parviendra pas à se procurer moyennant un intérêt raisonnable, même seulement les fonds dont il aura besoin pour son exploitation.

L'Hypothèque sur les navires de navigation intérieure et la législation allemande.

Les législations des divers Etats maritimes de l'Allemagne avaient créé une législation suffisante au point de vue de l'hypothèque sur les navires de mer, en ce sens que, dans ce but spécial, elles utilisaient les « registres de navires » qui avaient été institués par le Code de commerce allemand de 1861 (articles 432-438) en vue de permettre un contrôle sur le droit de naviguer sous le pavillon national. De nombreuses années s'écoulèrent avant que les intéressés ne parvinssent à obtenir la même réglementation pour les bateaux de navigation intérieure. Entretemps, on s'était contenté, lorsqu'un navire de navigation intérieure devait servir de garantie à une créance, du droit accordé au créancier de tirer profit du navire, en suivant les lois générales réglementant la saisie des objets mobiliers. Ce système

était primitif. Mais il avait ce grand avantage que les hypothèques restaient inconnues des tiers, et que la possession et le droit de disposer du navire hypothéqué restaient au prêteur. La situation n'était guère meilleure dans le domaine du droit général prussien et de la législation oldenbourgeoise, bien que, pour la facilité, on admit ici, à côté de la transmission matérielle, une autre, fictive ; elle consistait en ce que l'hypothèque sur la propriété du bateau de navigation intérieure était constatée d'une manière irrécusable par justice ou par notaire et qu'une copie certifiée en était remise au créancier. Mais cela ne constituait pas le système clair et précis auquel on aspirait pour le crédit sur navires. Si l'on veut arriver à ce but, il faut avoir recours à des « registres » publics sur lesquels tout intéressé peut voir immédiatement si des hypothèques ont été prises sur les navires par des tiers et quelles sont ces hypothèques.

L'ancien royaume de Hanovre avait institué pour les navires des « registres hypothécaires » semblables à ceux qui servent pour les propriétés foncières. Ce procédé ne fut pas imité dans les autres Etats de la Confédération. Ceci s'explique de soi-même par suite de ce que, lorsqu'un propriétaire de navire désire contracter un emprunt sur son navire, il n'a pas en général besoin de ressources étrangères pendant un temps aussi long que le propriétaire foncier. Le crédit désiré est souvent temporaire, il n'a pas le caractère durable du crédit immobilier et ne peut le posséder par suite des circonstances mêmes. La lourdeur est le propre du système hypothécaire foncier, elle ne s'accorde pas avec les exigences de la navigation intérieure.

Les villes hanséatiques de Hambourg et de Brême qui étaient les premières intéressées à une bonne solution de la question, comblèrent la grosse lacune existante par leurs actes législatifs, 1880-1890, en ce sens qu'elles développèrent l'Institution des « Registres de Navires » et qu'elles permirent — appliquant ce qui avait déjà été fait pour la navigation maritime au domaine du droit relatif à la navigation intérieure — que les inscriptions des hypothèques fussent introduites sous une forme spéciale, comme garantie pour les prêteurs.

Le Code civil allemand.

L'Empire allemand a suivi dans cette voie l'exemple de ses villes libres lorsqu'il a réglé dans la loi, durant ces dix dernières années, la matière concernant les rapports privés de la navigation intérieure. Les principes ainsi admis ont été introduits

dans le Code civil allemand du 18 août 1896 qui a été mis en vigueur dans tout l'Empire allemand le 1^{er} janvier 1900 (*Bulletin des Lois de l'Empire*, 1896, Page 195). Naturellement, ils durent subir en plus d'un point des transformations et des ajoutés. La nouvelle réglementation unitaire du droit civil pris dans son ensemble et le droit d'hypothèque pris en particulier fournirent le mode à la fois symbolique et matériel de fixer des règles de droit précises et concordantes touchant l'hypothèque des navires. Cette nouvelle réglementation allemande a de plus démontré, ce qui est d'un grand avantage pour son application, qu'elle peut servir non seulement pour la solution des hypothèques fluviales — lesquelles font l'objet de la présente communication — mais encore pour les hypothèques relatives aux navires de haute mer.

Hypothèques sur navires enregistrés.

Les paragraphes du Code civil allemand relatifs au droit d'hypothéquer les bateaux de navigation intérieure (§§ 1259-1271) supposent dans leur application que le navire a été inscrit sur les « registres de commerce », tenus à cet effet auprès des tribunaux allemands et spécialement aux sièges des baillis. Quant à la faculté d'inscription en elle-même, elle est réglée par le paragraphe 9 de la loi de navigation intérieure (Exemplaire du 20 mai 1898, Code des Lois de l'Empire, n° 25, page 900). Les navires de toute espèce peuvent être hypothéqués, même lorsqu'ils ne sont pas destinés à l'industrie de la navigation. Il est évident qu'ils doivent avoir pour mère-patrie l'Allemagne et que par suite leur navigation doit avoir pour point de départ un port allemand. La nationalité à laquelle appartient le propriétaire n'a aucune influence. Pour la navigation internationale, cela peut conduire incontestablement à des difficultés lorsqu'une indication précise manque, étant donné que le droit d'hypothèque sur un navire ne peut être exécuté que conformément au droit en usage dans son port d'attache, ce droit étant le seul qui fasse loi. En outre, l'inscription dans les registres est rendue dépendante de la grandeur du navire. Car l'inscription, qui toujours est accompagnée de formalités et de frais, ne peut se justifier que par l'existence d'une valeur intrinsèque suffisamment importante. Pour qu'il y ait inscription possible, il faut que les navires à vapeur comme tous les autres navires possédant un propulseur, aient une puissance de transport minima de 15,000 kgrs. et les autres navires une puissance de transport

minima de 20,000 kgrs. Les limites servant de base à l'inscription se déterminent donc, pour les bateaux de navigation intérieure, d'après leur puissance de transport et non pas comme pour les navires de mer, d'après leur capacité brute. Dans le cas spécial où la construction d'un bateau de navigation intérieure n'est pas encore terminée, si, par conséquent, il est encore en voie d'exécution, son inscription n'est pas permise. Cette manière de voir doit surprendre à première vue. On pourrait croire, en effet, que c'est précisément pendant la première partie de la construction que l'on devrait avoir le droit d'emprunter sous garantie d'une inscription hypothécaire et estimer que la privation de ce droit aurait pour conséquence peu désirable de pousser l'industrie de la navigation intérieure dans les mains de grandes firmes. Le droit de l'Empire a autorisé le pouvoir législatif de chaque Etat de sanctionner l'inscription et aussi l'exécution de l'hypothèque par l'enregistrement dans un « registre » spécial, établi uniquement à cet effet. De tous les Etats, il n'y a que celui de Brème qui ait fait à ce jour usage de cette autorisation, décrétée par application du § 30 du Code civil allemand.

Hypothèques sur navires non enregistrés.

Les navires qui ne remplissent pas les conditions voulues et qui, par conséquent, sont exclus de l'inscription, sont traités d'après l'ancien principe de droit général dont il a été question ci-dessus, en vertu duquel le propriétaire doit renoncer à la disposition de l'objet hypothéqué, et le transmettre au créancier. (Code civil §§ 1204 à 1256). Celui qui n'a pas enregistré un bateau de navigation intérieure qui remplissait les conditions voulues s'est ainsi aliéné toutes les possibilités d'en tirer parti comme garantie d'un prêt, à cause des formalités interminables qui résulteraient du défaut d'enregistrement.

Enregistrement du droit d'hypothèque.

Pour les bateaux de navigation intérieure qui ont été portés au « registre », c'est l'acte authentique de l'enregistrement du droit d'hypothèque qui constitue la transmission effective de la propriété. Le gageur reste propriétaire du navire. Les intéressés ne sont liés que lorsque l'accord a été authentiquement dressé par justice ou par notaire, expédié par les autorités ayant la tenue du « registre », ou introduit auprès de celles-ci, ou encore

lorsque le gageur a remis au créancier l'autorisation écrite permettant l'inscription.

Rang des droits d'hypothèque les uns par rapport aux autres, créanciers hypothécaires légaux.

Le rang de priorité des hypothèques enregistrées se détermine d'après l'ordre de leur inscription. Aucune autre manière d'hypothéquer, contractuellement, n'est admise par la loi. Le système contraire aurait eu pour conséquence, sans fortifier la confiance financière, d'induire en erreur les créanciers hypothécaires qui accordent crédit aux bateliers, et de nuire à ces créanciers.

Par contre, des considérations particulières à ménager firent juger indispensable — ceci par analogie avec ce qui se passe en matière de droit maritime — d'accorder à certaines créances la priorité sur des créances hypothécaires, même quand celles-ci avaient été enregistrées. (Loi de navigation intérieure, paragraphe 7.) Ainsi, un privilège absolu appartient aux impôts pesant sur le navire et aux droits de navigation ; de même, les créances dues à l'équipage suivant engagement, les taxes de pilotage, le coût du sauvetage et des secours, les montants des grosses avaries, les conséquences d'une convention que le propriétaire du navire a dû conclure en cas de danger, tout cela possède priorité en conséquence des préférences accordées, tantôt en vertu de la qualité de la personne, tantôt en vertu du principe de l'utile intervention. En dehors de ces cas, on a encore admis comme « créanciers de navires » les réclamants à cause de non-fourniture ou d'endommagement de la cargaison, les personnes qui ont avancé de l'argent à un membre de l'équipage et ont appelé le propriétaire du navire en garantie ainsi qu'elles en ont la faculté, de même que les créanciers par suite d'assurance contre les accidents, de caisse d'invalidité ou d'assurance contre les maladies. Cette seconde catégorie n'est pas admise dans tous les cas, mais seulement lorsque ses droits existent, depuis un temps suffisant. Cette réserve est nécessaire, car les créances arriérées de cette classe peuvent dans certaines circonstances posséder une importance comparable à la valeur du navire, et si le privilège leur était réservé dans toute hypothèse vis-à-vis des porteurs d'hypothèques, le propriétaire du navire n'aurait plus les moyens de se procurer aisément, sur son bateau, le crédit dont il a besoin.

Le fait de l'inscription du droit d'hypothèque dans le « registre » ne doit pas seulement être porté à la connaissance des intéressés, mais il doit aussi figurer le plus promptement possible sur les lettres de mer, et y être mentionné en concordance parfaite avec l'inscription. La mention sur les lettres de mer ne peut remplacer l'inscription de l'hypothèque sur le « registre », et ne doit être considérée que comme un renseignement officieux.

Foi publique en les indications du registre.

Pour savoir si le débiteur du droit d'hypothèque est réellement propriétaire du navire, il faut que le créancier s'en rende compte en prenant des informations. Les indications que le « registre » donne à cet égard ne font pas suffisamment foi pour pouvoir être admises comme exactes par un tiers qui acquiert un droit sur le navire. Après examen approfondi du pour et du contre, on doit approuver le refus de l'Allemagne d'étendre jusqu'à ce degré la portée du « registre », car le contraire aurait eu pour conséquence de faire nécessairement dépendre la transmission de la propriété du navire de la transcription dans le registre, et d'empêcher toute transaction non dûment enregistrée, ce qui eut créé des difficultés insupportables pour le commerce. Le législateur allemand s'est contenté d'assurer la concordance entre les renseignements mentionnés sur le « registre » relatifs au navire et à ses conditions de propriété d'une part et les conditions réelles d'autre part, et il a conféré aux tribunaux, comme c'est le cas pour les registres de commerce, le droit d'obliger le propriétaire, sous peine d'application de pénalités, de déclarer ce qui peut avoir modifié la première inscription ou altéré les faits et droits y relatifs, notamment le naufrage du navire ou l'impossibilité de le réparer.

D'autre part, pour ce qui concerne les indications du registre en matière d'hypothèque, par exemple les droits existants, la foi publique dans le registre est pleine et entière. Par conséquent, celui qui plus tard acquiert un droit sur le navire doit laisser valoir contre lui les charges existantes. Le droit d'hypothèque conserve sa force aussi longtemps qu'il est renseigné au « registre », en cas de vente ou de charges sur le navire, même quand l'acheteur est de bonne foi. Dans le cas où le droit d'hypothèque a été rayé à tort sur le « registre », il n'a plus force de loi vis-à-vis d'un acquéreur de bonne foi. Une protection con-

tre les dangers qui entourent de la sorte le créancier lui est accordée sous une forme efficace ; il a le droit de faire rectifier le « registre » dans les cas où il apprend et peut prouver que son contenu n'est pas en accord avec la véritable situation des droits.

Caractère mobile du droit d'hypothèque.

Pour tous les points discutés, et comme conséquence de l'emploi d'un « registre public », l'on voit qu'il y a au point de vue juridique une certaine ressemblance entre le droit immobilier et le droit d'hypothèque. Mais ces concordances n'enlèvent rien aux caractères fondamentaux et mobiles du droit d'hypothèque sur les bateaux de navigation intérieure. C'est pourquoi le titre de la présente communication, tel qu'il a été arrêté par la Commission du Congrès, ne concorde pas bien avec la terminologie allemande.

Limites du droit d'hypothèque.

Le Code civil allemand, d'accord avec le droit d'hypothèque, traite de l'importante question des limites dans lesquelles la valeur que le navire représente fournit une garantie au porteur de l'hypothèque. La garantie est limitée au montant enregistré de la créance et aux intérêts d'après le taux également enregistré, y compris les intérêts moratoires et les frais. Les accessoires du navire sont également compris dans l'hypothèque. Les affrètements, les primes d'assurances, les créances d'indemnisation en cas de grosses avaries ou de dommages causés illégalement ne servent pas de garantie.

Hypothèque pour créances de toute nature.

Pour ce qui regarde la nature des créances pour lesquelles le droit d'hypothèque sur un navire peut être donné comme garantie, il n'y a pas lieu d'établir ici de distinction légale. La demande d'enregistrement est, entre autre, recevable en vertu du droit résultant d'une reconnaissance de dette, d'une traite ou de tout autre papier endossable. Elle peut se faire de la même manière qu'une hypothèque de caution, en ce sens que c'est seulement le montant maximum pour lequel le navire sert de garantie en cas de non-paiement qui est enregistré ; quant

à la détermination du montant des créances, il reste réservé. Le fait que les inscriptions de cette nature n'étaient pas non plus admises pour le trafic maritime jusqu'à la publication du Code civil, a eu pour conséquence une grande gêne dans beaucoup de cas. Cela s'est surtout fait sentir lors des emprunts des grandes sociétés de navigation. Les saisies peuvent également, sur requête du créancier, être inscrites comme droit d'hypothèque, moyennant d'avoir été exécutées par huissier ; à côté de cela, on n'admet pas l'inscription d'un droit d'hypothèque sur un navire en place de l'exécution de la saisie.

Exécution de la saisie.

Le créancier ne peut pas réaliser son gage sur le navire hypothéqué et de ses accessoires par le système de la vente à l'encan, comme c'est le cas pour la saisie immobilière. Il est obligé par la loi de se procurer d'abord par les voies légales un titre exécutoire et, au moyen de cet élément, de provoquer la vente à l'encan ; une gestion de la saisie n'est pas autorisée. Ceci est traité tout particulièrement dans le paragraphe 2 du Code civil du 24 mars 1897 (*Moniteur du Code civil*, 1898, page 730). En général, les prescriptions pour l'exécution de la saisie sont en accord avec celles qui concernent les propriétés foncières, comme cela était déjà le cas dans un certain nombre d'Etats allemands où l'on s'en référait au droit particulier, à part quelques modifications de détail. C'est seulement le procédé prescrit pour l'exécution de la saisie dans le cas des propriétés foncières qui s'harmonise avec l'importance économique à laquelle les navires ont droit ensuite de leurs dimensions, de leur valeur et des puissants intérêts qui se rattachent à eux.

Le tribunal (Amtsgericht) qui connaît de la saisie, est celui dans le ressort duquel se trouve le navire. Le « registre » remplit le rôle de celui du cadastre en matière de biens fonciers. Mais comme l'échange de propriété se fait, ainsi que je l'ai déjà expliqué, par transmission sans modifier l'inscription du « registre » suivant le nom de l'acquéreur, il en résulte que le créancier qui agit ne doit point faire la preuve que le débiteur dénommé dans le titre exécutoire a la propriété du navire. Il doit seulement établir plausiblement que le débiteur a la possession du navire, comme si celui-ci lui appartenait, si même indirectement seulement ; le propriétaire qui n'a pas la possession doit examiner de quelle façon il peut faire valoir son droit par intervention exécutive. Le tribunal prend les me-

sures nécessaires pour la surveillance et la conservation du navire. Ce qui, en fait d'accessoires, se trouve en possession du débiteur, participe à la vente à l'encan ; si ces accessoires appartiennent à un tiers, c'est à celui-ci de les faire exclure de cette procédure et avant l'expiration de celle-ci, en s'adressant au tribunal.

La défense de saisir un navire quand il est prêt à prendre le large n'a pas passé du droit maritime (Code du commerce, § 482) dans le droit de la navigation intérieure. La loi allemande n'a pu admettre cette solution, attendu qu'ici les considérations diffèrent notablement. Dans les relations intérieures, en effet, l'expéditeur dispose de toutes sortes de moyens pour faire parvenir les marchandises à destination.

La saisie-contrainte des navires non enregistrés s'opère comme celle des objets mobiliers ordinaires. Cette règle a été suivie également à Brême où une ordonnance spéciale (qui a été citée page 6) détermine la procédure applicable aux navires en construction. Brême s'est contentée d'assurer que les droits hypothécaires, autorisés par son ordonnance spéciale, soient officiellement reconnus. (Loi exécutive de Brême du 18 juillet 1899 relative à la saisie et la vente à l'encan.)

Hypothèques sur parties de navires.

Ce qui a été expliqué au sujet de l'hypothèque sur les bateaux de navigation fluviale est également applicable en majeure partie à l'hypothèque ne visant que la part d'un co-propriétaire du navire. L'affectation de semblables parties de navires à l'obtention d'un crédit s'opère d'après l'ancien droit en usage dans une partie de l'Allemagne, tout comme celle d'un navire entier, au moyen de la transmission symbolique. Il est quelques Etats dans lesquels les « registres » consacrés aux bateaux de navigation intérieure ont été introduits ultérieurement, et dans lesquels l'inscription sur parties de navires est exclue. Dans un certain nombre d'Etats manquaient même les stipulations légales permettant le prêt sur parties de navires. La question de savoir s'il y aurait nécessité, au point de vue économique, que le Code civil allemand généralisât le droit d'inscription d'hypothèques sur parties de navires, est une question qui peut être réservée. Pourtant, l'inscription de semblables hypothèques a déjà paru devoir s'imposer, car sinon le danger se fût présenté de compromettre singulièrement la réalisation du but du nouveau système d'hypothèques sur bateaux de navigation intérieure. En effet,

si on avait maintenu la législation existante, les droits d'hypothèque sur la part du co-propriétaire, droits en accord avec cette législation, mais non visibles dans le registre, auraient dû logiquement avoir la priorité sur les droits d'hypothèque sur le bateau entier établis ultérieurement par inscription dans le registre.

Berlin, 27 janvier 1905.

KISKER.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
3. Communication

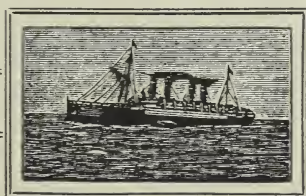
THE MORTGAGING OF INLAND SHIPPING

REPORT

BY

Mr. de SANCTIS

Formerly Engineer in the Italian Civil Service.



NAVIGARE

NECESSE

BRUSSELS
PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

MORTGAGE OF VESSELS

Engaged in Internal Navigation

REPORT

BY

M. de SANCTIS

Formerly Engineer in the Italian Civil Service

The actual state of Italian legislation with regard to the solidity of the guarantee afforded by a vessel, completed or on the stocks, in return for credits granted to the owners, is regulated by the provisions of the commercial Code, Vol. II. Caps. I and V. These relate to mortgage on the ship (art. 485) and to bottomry loans.

It is, however, certain that these provisions relate only to vessels intended for maritime service ; and even with this limitation, it is generally considered that they do not suffice for the legitimate needs arising from the growing importance of navigation and for the necessity of facilitating, by reliable means, the assistance of capital in proportion to the outlays entailed by this extension.

The Italian Commercial Code enjoys the distinction of constituting a notable improvement, and the system it enunciates has been claimed to be a model one on the subject.

Nevertheless, a Bill was laid before the Senate on 23. May 1903 (1) by the Ministers of Pardon and Justice, Agriculture and Commerce, and Marine, with the object of modifying the state of the law relating to the guarantees aforesaid, in order to place mortgages on vessels on the same footing as mortgages on land, both as regards security and realisation.

This Bill was strongly opposed by the central bureau of the Senate, and gave rise to researches not less skilful than those underlying the project itself, and expressed in the explanatory statement furnished by the Ministers in charge of the Bill.

(1) XXI Legislature, 2^m Session, 1902, Doct. N° 38.

Apart from the question of form and language — whether the lien on the vessel is termed pledge or mortgage — it is important to co-ordinate this lien with the law of the land, public and private, internal and external, so that the logical interpretation of the new provisions cannot be perverted, or compelled to depart from the letter, and even the spirit, of the law, in compliance with stress of circumstances.

The Bill just mentioned fell through, owing to the close of the Parliamentary session. Up to the present it has not been revived, but as, in principle, it fulfils a generally recognised need, we must hope that it will not fall into oblivion, and that when it is revived, the Ministers concerned will also bear in mind the requirements of internal navigation, which are identical with those of the sea-going branch. As a matter of fact, the old river boats, of small tonnage and low speed, are no longer alone in serving commerce and industry, a new fleet having sprung up, composed of vessels up to and over 600 tons burden (1), which run or are towed by steam at a quicker rate.

Consequently the capital value of the vessels, &c., engaged in internal navigation is now far greater in the aggregate than formerly, and the value of the cargoes has grown accordingly.

Latterly, in Italy as elsewhere, internal navigation has attracted the attention of men of eminence in industry, commerce and science. In fact, they could not fail to observe the prevalence in Italy of favourable conditions for the development of this extensive and cheap mode of transport, owing to the varied conformation and surface of the peninsula, and more especially to the fact that the valley, of the chief river is also the largest industrial centre and principal region of traffic.

Although internal navigation has not yet attained, in Italy, a degree of development comparable to that of other countries, the necessity for affording facilities of obtaining credit on solid guarantees has not been ignored. For instance, in 1885, the Commission appointed by the Minister of Public Works to draw up a scheme of regulations, considered the occasion opportune for including in the scheme clauses relating to the mortgage of vessels plying on the rivers, canals and lakes throughout the Kingdom (2) (art. 30 et seq.).

(1) This has been shewn to be the case in Italy by the river Pô navigation project.

(2) The Commission was appointed by Ministerial Decree 9 April 1885, and consisted of the President, Commandant Alexandre Betocchi, Inspector of the Civil Engineering Department; Messrs Rossi Antoine and Ponti Jean, chief

This scheme was prepared for submission to the Provincial Councils concerned, some of whom did not fail to communicate their opinions thereon to the Ministry. However, it was never confirmed, either by ministerial decree or by the Council of State, owing to the view that certain of its provisions, and notably that concerning the competency of the Mortgage Registration Offices, could not be properly established otherwise than by legislative enactment.

Consequently, the Italian law relating to maritime mortgages should be supplemented by the extension of its provisions, in a suitable manner, to mortgages on vessels engaged in internal navigation.

This is the more reasonable since there is really no definite distinction between seagoing vessels and those engaged in river navigation, the terms being in many cases interchangeable ; in fact, many coasting vessels are frequently unrigged and converted into barges for internal navigation.

Moreover, it is sometimes difficult to say where maritime navigation commences and internal navigation ceases. The criterion determining the limits of maritime and inland waters varies according to the object in view, differing according as the question is one of territorial domain, the application of Fishery Laws, the policing of steamers and the character of vessels.

At the same time, however, as the Italian legislator, in accordance with the rules of international law, deals solely with Italian vessels, he ought also to bestow some attention to international agreements by which the desired uniformity of legislation could be more or less quickly achieved. Difficult as this unification may appear in theory, its practical accomplishment is facilitated by the ever increasing cosmopolitan tendency of commercial usages ; the more so since it will pay equal respect to the principles of private and public right formulated in an age differing greatly from the present.

It may be objected that internal navigation cannot form the subject of international agreements, since the very name indicates that it is not a matter of international exchange.

engineers in the Department; Captain de Cressi; harbour master d'Ascoli, and Commandant Monzilli, the Secretary being Chief Engineer Caillizia. The Commission met on 5 and 7 May 1885, 18 July and 15 December 1887, and 26 and 29 December 1889. The report and scheme were presented 19 March 1891, and the latter was discussed by the Superior Council of Public Works on 9 June 1898.

This objection, however, is untenable, because as a matter of fact intercommunication exists between the internal waterways of different states, and river barges and tugs can, and do, ply between France and Belgium, Holland and Germany.

A similar state of things prevails in Italy, seagoing barges already plying between Rome and Civita Vecchia, Sardinia, and before long to Corsica as well. When the Danube and Adriatic shall be connected up by canals, sea barges from Pavia will be able to penetrate to the centre of Austria-Hungary.

Hence it is of paramount importance to the future of Italian commerce that sea going and river craft should be placed on a uniform legal footing as regards security under mortgage ; and that the fundamental principles of this new right should be recognised by international treaty so that both classes of vessel can pursue their commercial avocations with equal advantages wherever they display their flag.

The above premises demonstrate the possibility of an international understanding on similar matters ; and an analogous instance may be cited in the Convention of 4 February 1898 between France, Germany, Belgium and Holland on the measurement of vessels engaged in internal navigation.

In such an international convention the law of the national flag must be applied to the vessels, that is to say the nationality must be fixed, as a fundamental rule. This of itself will suffice to minimise conflicting legislation. A solemn affirmation on this point was contained in the report presented to the Maritime Conference at Amsterdam, in September last, by Prof. Berlin-gieri on the question of maritime mortgage and the laws of property.

It would perhaps be going outside the limits assigned to this brief communication to stay to mention the general exceptions to be made to the aforesaid fundamental law of the flag. It will be easily understood that, while maintaining this principle, it is necessary to apply the national laws relating to real property, particularly with regard to the classification of privileges, the extrinsic form of the documents being always governed by the law of the place where they are exchanged.

It will be also understood that a change of nationality must not imperil the rights acquired previous to such change ; this was foreseen by the provision of Art. 48, § 2 of the Italian Mercantile Marine Code in which vessels are prohibited from leaving the national flag unless by permission of the maritime authorities, if in territorial waters, or of the consular authorities

if abroad. This permission should be refused if the ship's papers are endorsed with mortgage or bottomry contracts, or if objection is lodged by secured creditors.

It is equally reasonable and just that the law of the flag should also apply to securities on the bottom and cargo, since both appertain to the ship and possess an identity of interests and risks. Moreover, since the cargo usually consists of a collection of goods belonging to persons of different nationalities and is to be delivered to countries governed by divergent laws, it would be a very difficult matter to adjudicate between the parties if the law of the flag were not applied.

Nevertheless, admitting all these points, and turning to the consideration of the law of real property, specially exemplified in the covenanted, legal or judicial mortgage we desire to see extended, not only to sea going vessels but also to those engaged in internal navigation, the question arises what provisions should be embodied in the uniform legislation which all regard as desirable?

The problem being resolved into these simple terms, no prolonged discussion is necessary.

The subject already possesses a very complete and highly valuable literature. We will confine ourselves to two points, viz. : 1) Should the mortgage also apply to the freight? 2) Is it desirable that the Mortgage Registration and Depository Offices should be in charge of special officials, or may they be in the hands of authorities already constituted for the discharge of other functions?

With regard to the first question, Prof. Berlingieri has already judiciously remarked that the mortgage should apply only to the hull and its fittings, such as tools, appliances, engines, supplies, arms, and boats; in short « to the ship » and to everything intended for the permanent service of same, even though some of the articles may be temporarily detached therefrom. The freight is not an accessory in the sense of a thing annexed and necessarily appertaining to the ship for the completion of its organic entity and power of transportation, but is the civil fruit thereof and exists in virtue of a hiring contract; or better still it is the product of the venture, which may form security or pledge, but under a special title connected with its juridical origin, being, and circumstances directly concerning it. Thus the freight could be joined to a security or pledge for the repayment of monies advanced for the special object of carrying out the venture to which the freight itself refers. Evidently in such

cases though there be a security or pledge there is no mortgage title.

So far as the mortgage is concerned, on whom is incumbent the registration and preservation of the documents?

For seagoing ships the provisions of Art. 487 of the Italian Commercial Code might be adopted, with certain modifications of form rather than of principle. The maritime offices, the harbour masters of the various nations would become the depositories of the new mortgages, with powers analogous to those of Land Mortgage Depositories.

In the case of internal navigation vessels, however, it would be necessary to establish in suitable places, namely ports of departure, arrival or call, for these vessels, special offices equipped, with functionaries able, by their knowledge of public, private, internal and foreign law and practical acquaintance with commercial affairs, to discharge a task of such delicacy.

Certainly, the municipal offices, in which the project of 1891 proposed to vest this function, would not be suitable for the purpose. Except perhaps in a few large towns, neither the mayors nor their assistants would possess the scientific and practical ability or the necessary means and facilities for performing these duties. Experience has shewn that Italian municipalities are incompetent for the exercise of certain very special functions, notably in the case of the official survey of lands which was confided to the municipal authorities in certain provinces.

In this particular again it would be always advisable to unify the regulations by international agreement.

After these few remarks which it seemed useful to put forward on the actual state of the law in Italy (*de jure lato et de jure ferendo*), the author would propose the acceptance of the conclusion formed by the International Conference at Amsterdam in Sept. 1904, formulated by the International Maritime Committee, sitting at Antwerp, and in accordance with the conclusion of Prof. Berlingieri who drew up the report, namely :—

« That the sole and true means of obviating a diversity of the laws dealing with mortgage consists in uniform legislation for the various States. »

In order to give effective and practical sanction to this enunciation of principle, the Amsterdam Conference expressed a wish that the permanent bureau of the Antwerp Committee should appoint a Commission, charged with the preparation of a draft international treaty, and requested the permanent bureau

to take the necessary steps for inducing the various governments to adopt the project.

In applauding these wise decisions, the author would merely — for the motives already laid down — add the wish that they should not be solely confined to maritime navigation, but extended also to internal navigation in the same substance and form. He therefore proposes the following resolution : —

« The Tenth International Navigation Congress, adheres to the resolution of the Amsterdam Congress, relating to uniformity of legislation in matters of maritime mortgage, and expresses the wish that this uniformity should be also extended to internal navigation ; it charges the permanent bureau of our Association to take the necessary steps in approaching the Antwerp International Maritime Committee, in order that the Commission which is to be nominated by that Committee shall also include members of our Association, so that it may be in a position to extend its mandate to the question of fluvial mortgage. »

Rome, January 1905.

PAUL-EMILE DE SANCTIS.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES
CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure
3. Communication

DE L'HYPOTHÈQUE SUR LES BATEAUX DE NAVIGATION INTÉRIEURE

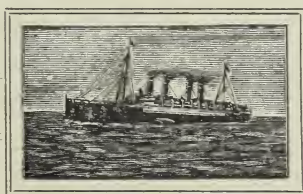
RAPPORT

PAR

M. DE SANCTIS

Ingénieur du Génie civil en retraite

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES
IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

L'HYPOTHÈQUE FLUVIALE

RAPPORT

PAR

M. DE SANCTIS

Ingénieur du Génie civil en retraite

L'état actuel de la législation, en Italie, concernant la garantie réelle que le navire, construit ou en construction, peut offrir en échange des crédits accordés aux personnes propriétaires de ce navire, est réglé par les dispositions du Code de commerce au Livre II, tit. I et tit. V.

On y traite du contrat de gage sur le navire (art. 485) et du contrat de prêt à la grosse (art. 590 et suiv.)

Evidemment ces dispositions ont trait au navire destiné aux voyages de mer et même, dans ces limites, on considère généralement qu'elles ne suffisent pas aux exigences légitimes qui naissent de l'importance toujours croissante de la navigation et de la nécessité de faciliter, par des voies certaines, le concours des grands capitaux proportionné aux dépenses que cette extension nécessite.

Le Code de commerce italien a eu l'honneur de marquer un progrès notable et l'on a dit qu'il présente, sur la question, un système complet qui est donné comme modèle.

Néanmoins un projet de loi fut présenté au Sénat dans la séance du 23 mai 1903 (1) par les ministres de Grâce et de Justice, de l'Agriculture et du Commerce, et de la Marine. Il tendait à modifier l'état du droit concernant les garanties indiquées, dans le but de les adapter même à une institution de crédit réel sur les vaisseaux, semblable à celle du crédit foncier, tant pour l'assurance que pour la mobilisation des valeurs assurées.

(1) XXI. Législature, 2^e session. 1902. 38^e document.

Ce projet de loi suscita de fortes objections de la part du bureau central du Sénat et donna lieu à des recherches non moins savantes que celles qui préparèrent le projet lui-même et qui se reflètent dans le remarquable exposé des motifs fourni par les ministres.

A part la question de forme et de langage — qu'on appelle *gage* ou *hypothèque* le lien réel auquel on assujettit le navire — il importerait de coordonner ce lien au droit du pays, privé et public, intérieur et extérieur, de façon que l'interprétation logique des nouvelles dispositions ne puisse être faussée et ne soit pas obligée de s'éloigner de la lettre et même de l'esprit de la loi pour se plier à la nécessité des choses.

Le projet de loi, dont nous venons de parler, tomba par suite de la clôture de la session parlementaire. Il n'a pas été représenté jusqu'ici, mais comme, dans son principe, il répondait à une nécessité que tous aujourd'hui reconnaissent, il faut espérer qu'il ne tombera pas dans l'oubli et que les Ministres compétents, en le faisant revivre, tiendront aussi compte des besoins de la navigation intérieure qui ne diffèrent point de ceux de la navigation maritime. En effet, les anciens bateaux de rivière, de faible tonnage et à marche lente, ne sont plus les seuls qui rendent des services au commerce et à l'industrie. Au milieu d'eux a grandi une flotte nouvelle composée de bateaux dont le tonnage a dépassé même 600 tonneaux (pour l'Italie, le projet de navigation du Pô nous le fait savoir) qui naviguent ou sont remorqués à la vapeur en service accéléré.

Il en résulte que la valeur du matériel de la navigation intérieure est bien plus considérable qu'autrefois et que la valeur des chargements s'est accrue dans les mêmes proportions.

La navigation intérieure, dans ces derniers temps, a, en Italie aussi, attiré l'attention des hommes éminents dans l'industrie, le commerce et la science. Il ne pouvait leur échapper, en effet, que notre péninsule, si variée dans sa conformation et sa superficie, présente, dans quelques parties et spécialement dans la vallée de son plus grand fleuve (qui est aussi la région où naquirent et se développèrent le plus les industries diverses et le trafic) il ne pouvait, dis-je, leur échapper que l'Italie offre les conditions appropriées à ce moyen de transport puissant et économique.

Bien que la navigation intérieure en Italie n'ait pas encore atteint un développement comparable à celui des autres nations, on avait pourtant si bien compris l'opportunité de lui rendre accessible, à elle aussi, le crédit sur garantie réelle, qu'en 1885 la Commission nommée par le Ministre de Travaux publics dans le but de proposer un projet de règlement, trouva opportun d'y introduire des dispositions relé-

tives au gage sur les bateaux des fleuves, des canaux et des lacs du Royaume (1) (art. 30 et suiv.)

Aussi le projet de règlement fut-il préparé pour être soumis aux Députations Provinciales intéressées. Quelques-unes d'entre elles ne manquèrent pas de communiquer leurs observations au Ministère. Mais ce règlement ne fut approuvé ni par un arrêté ministériel ni par le Conseil d'Etat, parce qu'on reconnut que certaines dispositions, par exemple celle qui concerne la compétence des Bureaux chargés de conserver le registre des inscriptions hypothécaires sur les navires, ne pouvaient constitutionnellement fournir matière à un règlement, mais bien à une loi.

La loi donc qui aura pour objet, en Italie, l'hypothèque maritime devra être complétée en l'étendant, dans les formes appropriées, à l'hypothèque sur les bâtiments de navigation intérieure.

Cela est d'autant plus raisonnable qu'il n'y a point de critérium précis qui permette de distinguer les bâtiments de mer des bâtiments de rivière. On ne peut appeler bâtiment de mer celui qui navigue sur mer, ni bâtiment fluvial celui qui parcourt les fleuves et les canaux, parce que les allèges de mer conviennent à la navigation maritime et intérieure. Souvent aussi les bateaux à voile de cabotage sont désarmés et servent à la navigation intérieure.

Parfois on est embarrassé de savoir exactement où commence la navigation maritime et où finit la navigation intérieure. Quel est le critérium permettant de fixer les limites des eaux maritimes et des eaux intérieures? Le critérium varie suivant le but qu'on se propose; de fait il n'est pas le même ni au point de vue du domaine public, ni à celui de l'application de la loi sur la pêche, ni enfin à celui de la police des bateaux à vapeur et du caractère des navires.

Mais, en même temps que le législateur italien dispose, selon les règles de droit international, uniquement des navires italiens, il doit aussi se préoccuper des accords internationaux qui pourraient réaliser bientôt ou, au moins, préparer graduellement l'uniformité désirée de la législation. Le commerce, et à sa suite, les usages qui deviennent de plus en plus cosmopolites, facilitent cette unification qui pourrait théoriquement paraître ardue, surtout tant qu'on témoignera le même

(1) La commission fut nommée par décret ministériel du 9 avril 1885. Elle était composée du Président, Commandant Alexandre Betocchi, Inspecteur du Génie civil; des ingénieurs en chef du Génie civil, Rossi Antoine, Ponti Jean; d' Cressi, capitaine de navire; d'Ascoli, capitaine de port, et du commandant Monzilli. Le secrétaire était l'ingénieur en chef Gaillizia. La Commission se réunit le 5 et le 7 mai 1885, le 18 juillet 1887, le 15 décembre 1887, le 26 et le 29 décembre 1889. Elle présenta son rapport avec le projet de règlement le 19 mars 1891. Le conseil supérieur des Travaux publics discuta ce règlement le 9 juin 1898.

respect pour des principes de droit privé et public nés à une époque bien différente de l'époque actuelle.

On pourrait objecter que la navigation intérieure ne peut faire l'objet de conventions internationales, parce que son nom lui-même indique qu'elle ne peut servir à des échanges d'Etat à Etat.

Cette objection ne tient pas debout, parce que les voies d'eau intérieures des divers Etats communiquent entre elles et que les chalands et les remorqueurs fluviaux peuvent circuler, bien mieux, circulent de la France en Belgique, en Hollande et en Allemagne.

Le cas est le même en Italie. Les allèges de mer vont déjà de Rome à Civita-Vecchia, en Sardaigne, et le moment est proche où elles iront en Corse.

Lorsqu'il existera des canaux reliant le Danube à la mer Adriatique, les allèges de mer de Pavie pourront pénétrer jusqu'au centre de l'Autriche-Hongrie.

Il est donc d'un souverain intérêt pour le futur commerce italien qu'une loi uniforme règle la garantie à offrir au crédit, tant pour les navires de mer que pour les navires de rivière; et que ce nouveau droit soit reconnu, dans ses bases principales, par un traité international, afin qu'ainsi les uns et les autres navires puissent faire le commerce avec égalité d'avantages partout où ils déploieront leur pavillon.

De tout ce qui précède, il est démontré qu'une entente internationale sur de semblables matières est possible et, de fait, on peut citer comme exemple, la convention du 4 février 1898 conclue entre la France, l'Allemagne, la Belgique et la Hollande sur le jaugeage des bateaux de la navigation intérieure.

Il faudra, dans la convention internationale, établir comme règle générale à appliquer aux navires la loi du pavillon, c'est-à-dire la loi de la nation à laquelle le navire appartient. Cela sera déjà suffisant pour éviter, autant que possible, les conflits de législation. On en a eu une affirmation solennelle dans le rapport présenté à la conférence maritime d'Amsterdam, en septembre dernier, par le professeur Berlingieri, touchant le questionnaire de l'hypothèque maritime et le droit réel.

Nous sortirions peut-être des limites assignées à cette succincte communication, si nous nous attardions à parler des exceptions de caractère général à mettre en regard de la susdite loi fondamentale du pavillon. On comprend facilement qu'en maintenant ce principe qu'il faut appliquer la loi nationale en matière de droit réel et spécialement de classification de privilèges, la forme extrinsèque des actes devra toujours être réglée par la loi du lieu où on les passe.

On comprend encore que le changement de nationalité ne doive pas porter préjudice aux droits acquis avant le changement lui-même,

et c'est ce qu'a prévu la disposition de l'article 48, paragraphe 2 du Code italien pour la marine marchande, article d'après lequel il n'est pas permis au navire d'abandonner le pavillon national si l'autorité maritime, dans les eaux territoriales, ou l'autorité consulaire, à l'étranger, n'en accorde l'autorisation. Cette autorisation doit être refusée si les contrats de gage ou de prêt à la grosse ont été inscrits sur l'acte de nationalité ou s'il venait à surgir des oppositions de la part des créiteurs privilégiés.

Il est également raisonnable et parfaitement juridique que la loi du pavillon préside même aux privilèges sur le prêt et sur le chargement, puisque l'un et l'autre se rapportent au navire et présentent identité d'intérêts et de dangers. De plus, le chargement consistant d'habitude en un ensemble de marchandises appartenant à des personnes de différentes nationalités et devant être remises en des pays régis par des lois diverses, il serait par trop embarrassant de régler les rapports juridiques entre les parties si on ne s'en rapportait à la loi du pavillon.

Mais, tous ces points étant admis, si nous en venons à considérer ce droit réel, qui est plus spécialement l'hypothèque conventionnelle, légale ou judiciaire que nous voudrions voir étendue, non seulement aux navires de mer, mais aussi à ceux de navigation intérieure, quelles sont les règles qu'il faudra adopter dans cette législation uniforme qui entre dans les vœux de tous?

Le problème étant ramené à ces simples limites, nous n'aurons pas à discuter longuement.

Il existe actuellement sur ce sujet une littérature juridique, très complète et de grande valeur. Nous ne toucherons qu'à deux questions : 1^o Convient-il que l'hypothèque puisse atteindre aussi le fret? 2^o Est-il opportun que le service du bureau d'enregistrement et de conservation de ces hypothèques soit confié à des fonctionnaires spéciaux, ou suffit-il que les autorités, déjà constituées pour d'autres fonctions, en soient chargées?

En ce qui concerne la première question, M. le professeur Berlingieri a déjà fait judicieusement remarquer que l'hypothèque ne peut s'étendre qu'au corps du bâtiment et à ses accessoires, comme les outils, les appareils, les moteurs, les munitions, les armes, les embarcations; « au navire » en somme, et à tout ce qui est destiné à son service permanent, certains de ces objets pouvant même en être momentanément séparés. Le fret n'est pas une partie accessoire, dans le sens d'une chose annexée au navire et lui appartenant nécessairement, pour en compléter l'essence organique et la puissance de transport, mais il en est le fruit civil et s'obtient en vertu d'un contrat de location; ou mieux il est le produit de l'expédition, susceptible, en

vérité, de privilège et de gage, mais à titre spécial, qui se rattache à son origine juridique, à son mode d'être, et aux rapports qui le concernent immédiatement. Ainsi le fret pourrait être attaché à un privilège ou gage par un crédit de sommes versées dans le but spécial d'effectuer l'expédition à laquelle se rapporte le fret lui-même. Evidemment, en de pareils cas, s'il peut y avoir ou privilège, ou constitution de gage, il ne peut pas y avoir de titre à hypothèque.

Quant à ce qui concerne l'hypothèque, à qui incomberont l'enregistrement et la conservation des inscriptions?

On pourrait, pour les navires de mer, adopter, avec quelques modifications de forme plutôt que de fond, les dispositions de l'article 487 du Code de commerce italien. Les Bureaux maritimes, les Capitaineries de port des diverses nations deviendraient les Bureaux de conservation des nouvelles hypothèques avec des attributions analogues à celles des Bureaux de conservation des hypothèques de terre.

Mais pour les bâtiments de navigation intérieure, il serait nécessaire d'établir dans des localités se prêtant à ce but, c'est-à-dire celles d'où partent, où touchent, où abordent les navires, des bureaux spéciaux auxquels soient attachés des fonctionnaires qui puissent par leurs connaissances du droit privé, public, intérieur et extérieur, ainsi que par leur pratique des affaires commerciales, exercer une fonction aussi délicate.

Assurément, les Bureaux municipaux, auxquels le susdit projet de règlement de 1891 voulait attribuer cette fonction, ne conviendraient pas à la remplir. A part peut-être dans quelques rares villes de grande importance, ni les maires ni les adjoints n'auraient, pour cela, la compétence scientifique et pratique, ni parfois les moyens ou les facilités nécessaires. Les faits ont démontré qu'en Italie les municipalités ne sont pas aptes à exercer certaines fonctions très spéciales. Le cas s'est précisément présenté pour le cadastre des terrains, qui avait été confié aux municipalités dans quelques provinces.

A ce point de vue encore, il serait toujours opportun d'avoir recours à des accords internationaux pour l'unification de ces règlements.

Après ces quelques observations qu'il nous a paru utile de faire, en égard à l'état du droit actuel en Italie (*de jure lato et de jure ferendo*), nous proposons l'acceptation de la conclusion de la Conférence internationale d'Amsterdam de septembre 1904, émise par le Comité Maritime international, siégeant à Anvers, et conforme à la conclusion du rapporteur, M. le professeur Berlingieri. La voici : « Le seul et vrai moyen d'obvier à la diversité des lois en matière d'hypothèque est l'uniformité de législation pour les divers Etats ».

La Conférence d'Amsterdam, pour donner une sanction efficace et

pratique à cette affirmation de principe, émit le vœu que le Bureau permanent du Comité d'Anvers nommât une Commission chargée de préparer un projet de traité international et pria le Bureau permanent de prendre les mesures nécessaires pour que ce projet fut accepté par les divers gouvernements.

En applaudissant à ces sages décisions, nous voulons seulement, pour les motifs que nous avons exposés, y joindre le vœu qu'elles ne soient pas limitées à la seule navigation maritime, mais s'étendent aussi à la navigation fluviale et comprennent en même temps la substance et les modalités; aussi nous proposons l'ordre du jour suivant :

“ Le X^e Congrès international de Navigation adhère à l'ordre du
” jour de la Conférence d'Amsterdam, relatif à l'unification législa-
” tive en matière d'hypothèque maritime et exprime le vœu que cette
” unification s'étende aussi à la navigation intérieure; il charge le
” Bureau permanent de notre Association de faire les démarches
” nécessaires auprès du Comité maritime international d'Anvers pour
” que la Commission qui doit être nommée par ce Comité comprenne
” aussi des membres de notre association, afin qu'elle soit à même
” d'étendre son mandat à l'hypothèque fluviale. ”

Rome, janvier 1905.

PAUL-EMILE DE SANCTIS.



OF THE
UNIVERSITY OF MONTREAL

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
3. Communication

THE MORTGAGING OF INLAND SHIPPING

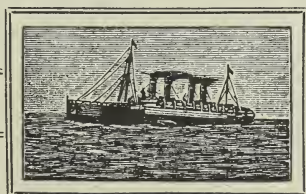
REPORT

BY

Mr. FROLA

Senator.

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

MORTGAGES

ON

Vessels used for Inland Navigation

REPORT

BY

Mr. FROLA

Senator

I. — Importance of the problem.

The problem of inland navigation, which follows so closely that of open sea navigation, and is so closely connect therewith, embraces several important questions, among which the one of *mortgages on vessels intended for inland navigation* is worthy of special notice, both from the legal and economical standpoint.

As reporter of the proposed law presented to the Senate of the Kingdom of Italy, at the XXIst Legislature, which included *clauses in favor* of the merchant marine, the author had to consider propositions whose object was to encourage shipbuilders, who are favored by all the States which, in their struggle on the open sea, are in constant rivalry as to facilities and premiums. It was noticed that the studies of all the persons, who were competent to speak in the matter, bore on the examination of all the indirect aids in favor of navigation, and, for example, on the means of making capital more accessible both by facilities for obtaining credit and by changes in legislation, especially in what concerns shipping and maritime or river loans. This is a subject of the greatest interest, worthy of special legislative rules, which has been brought forward in the report of the Senate of the Kingdom of Italy, on the proposed law which became afterwards the law of 1890 (1).

(1) *Report to the Senate of the Kingdom of Italy, XXIst Legislature.* FROLA, reporter.

II. — Reasons for the Institution of River Mortgages.

Legal reason.

In any event, it has been justly desired to have this subject included in the questions and communications which form the programme of the Xth International Navigation Congress.

The institution of the naval (1), river or maritime mortgage draws its justification, from the legal stand point, from the principle that all the goods of the debtor should form the guarantee of the creditor; it takes its place as the complement of the pledge, of assurance, of deposit, of the seizure and the judicial sale of the vessel; even in Roman law, Marcien's law is found, which demands that the mortgage can be made on personal property, as well as upon real estate; and among other legislations, the Italian Commercial Code is mentioned as a complete model which forms the basis of the matter in question, so that pledge, as it is there organized, is the exact equivalent of mortgage (2).

Economical reason.

From the economic point of view, this institution, which will help to extend and to sustain navigation, finds its natural explanation in the modern organism of credit, in its necessary developments and in the more important operations which may find their source in the guarantee on the ship.

Naval commerce, like every other commerce or industry, needs credit: and at the present time, even more than ever, naval construction, the acquisition and the equipment of ships demand enormous capital; for tonnage has increased, and, on account of different conditions in constructions, the *credit foncier* has so arranged matters that bills or other similar papers, guaranteed by real property, can be converted into personal property; and the institution of bonded warehouses has given the merchant the means of doing business to the extent of fifty times the amount of his capital, by the indorsement of documents which represent

(1) The term « naval » is used throughout this report in its original sence, viz: pertaining, relating or belonging to ships or vessels, and not at all in reference to the navy.

(2) BESA. *Report to the maritime conference at Hamburg*, p. 11., Naples, 1902
L. M. HENNEBICQ, *Notes de droit comparé*, Anvers, 1902.

the value of the goods which he has deposited as security. River commerce too, in order to make its operations more frequent and more remunerative, needs securities as sound as those offered by law through mortgages on real property.

III.— Condition of legislation in regard to Mortgages on Vessels.

An examination of the condition of legislation and of the principles on which it is founded, shows a steady development and an ever wider application of these principles.

The *Code Napoléon* states clearly that ships are movable properties, but already it lays down that, in spite of this, they *are available for the debts owing to vendors and especially for those which the law declares to be preferred*. The Sardinian Code used the same terms, but as no provision existed for what bears upon the naval security or maritime mortgage, and as commerce and navigation needed to facilitate maritime credit, the insufficiency of the law was then made up for by fictitious sales, which have always been recognized as valid by French and Italian jurisprudence, as the only means of giving an effective security on vessels. It was held that the fictitious sale was the only means for respecting the tradition of the vessel, as regards third parties and the public administration, and for preserving to the creditor the first claim on the ship (1); but, in order to put an end to these uncertainties, the first law on maritime mortgage was passed in France as far back as 1874, and was then completed by the law of July 10, 1885. Besides, it was always maintained, during the discussions, that the river mortgage, that is : the mortgage on vessels for inland navigation, cannot be separated from the maritime mortgage, but no provision to this end was introduced — although, by the decree of April 1, 1899, formalities regarding the civil status of river boats were laid down.

The maritime mortgage, regulated by articles 134 *et seq.* of the Commercial Code, exists in Belgium, but it does not touch inland vessels at all ; these latter, for lack of mortgage, may be deposited as a security. A draft of a law, presented recently to the Chambers, establishes the river mortgage ; on the other

(1) *Cassation française*, July 9, 1877. *Journal du Palais*, 1877. Court of appeals, Genoa, January 11, 1891. Italian jurisprudence, 1891, II-33. ASCOLI, *Du commerce maritime et de la navigation*.

hand, inland vessels are assimilated, under certain conditions, to sea-going ships, in the Netherlands (1)

According to this draft of law, all constructions of at least ten tons burthen ; which carry or are intended to carry, habitually, on inland waters passengers and freight, or which are used for fishing, towing or other lucrative operations of navigation, are classed as ships (*navires*).

This draft also inaugurates a naval registry, and every Belgian vessel must be registered in a special register at the mortgage bureau of the country of origin.

IV. — The Italian Code.

The Italian Commercial Code considers vessels, in the second book of *maritime commerce and navigation*, under the title of *ships and their owners*. It would not give the definition of vessel (*navire*) ; but its intention was to give to the word *vessel* the broadest and most ample meaning, the very one given by Usprano, when, *in naming the vessel (navire), he wished to speak not only of sea-going ships*, but also of those which run on other waters : *navem accipere debemus sive marinam, sive fluviatilem, sive in aliquo stagno naviget*. So the Italian Code considers as vessels (*navires*) not only those which ply the seas, but also, and in equal degree, those which run on lakes and along rivers, and which are not intended to go outside of the ports, shores or water ways (*canaux*). In the sense intended by the Italian legislator, all *barges (chalands)* propelled by oars or sails, no matter what their dimensions or capacity may be, are vessels (*navires*) ; so that, in the different stipulations, small vessels of less than fifty tons are spoken of, as well as row boats, launches, and other vessels (*navires*) whose capacity does not exceed thirty tons. The word *vessel (navire)* includes, in the Italian Code, all boats propelled by steam or sails, as much vessels which carry passengers and freight as those which carry passengers for short trips or long voyages : *navis paratur ad hoc ut naviget* ; article 490 refers especially to small vessels (*petits navires*), so that even vessels having no nationality and boats of every capacity can have the benefit of credit.

As to the nature of the rights granted to creditors, it is determined by the preparatory work of the Code, in which work the

(1) VEIL. *Principes de droit maritime comparé*, by Léon Hennebicq, Part I : *Le Navire*.

principles which determine the mortgage on vessels and its characteristics, in terms of the security, are exactly laid down.

So also, in the preparatory work of the Commercial Code, a new institution called the naval mortgage was thought of ; the reasons advanced were taken from the advantages which would accrue from allowing the proprietor of the vessel to borrow money on its value. While unable to doubt the usefulness of an institution having this end in view, the preparatory Commission did not think that it should admit that this was a new institution, or that no attention had ever been paid before to the said usefulness ; but it made the objection that the institution of the maritime security, introduced by the Commission of 1865, had the same object and should, with a few improvements, offer the same advantages.

The whole question then is to know (these are the words which appear in the minutes of the Commission) whether the institution should be called a naval mortgage instead of being called a maritime security ; and although it be a question of words, the Commission thinks that it should explain briefly its thought on this detail, were it only to justify the deliberations of the Commission of 1865.

The original idea of the pledge, or security, was that of a real contract by which the thing pledged to insure the debt was placed in the hands of creditor. But *rebus ipsis dictantibus, usu exigente et humanis necessitatibus*, it was gradually admitted that a right of pledge could be formed and acquired, even on what remained in the debtor's hands.

In the beginning, the word pledge, or security, (in Italian *pegno*) (1) was used to express both cases, and when the word *ipoteca* (anglice mortgage) was borrowed from the Greek, it was added that the only difference between the two words was that of sound.

It might be believed that the jurisconsult Marcien, who wrote a special book, a monograph, *ad formulam hypothecariam*, would have taken special care to mark the distinction between the pledge and the mortgage. Yet he himself declares : *inter pignus et hypothecam tantum nominis sonus differt* (Fr. 5 § 1 D. *De pignorib. et hypoth.* XX. 1).

(1) It must be borne in mind that this report, being a discussion of a certain phase of Italian law, was written originally in Italian, in which our English word « pledge » or « security » is *pegno* from the Latin *pignus*, and our word « mortgage » is *ipoteca* from the Greek ὑποθήκη.

But the distinction was made that the word pledge expressed more properly that which was turned over to the creditor ; and the word mortgage, on the contrary, that which remained in the hands of the debtor, although pledged for credit (U. L. P. fr. 9 § 2 D *De pignor.* act. XIII, 7) ; hence it is well to examine whether the pledge on the vessel, which remains with the debtor, should not be rather called a mortgage, and whether it would not be more exact to say that the preference arises strictly from the nature of the credit, and the mortgage, from the agreement ; and whether, as a consequence, it is not exact to call preference, this right of priority, which is granted on a vessel as the result of an agreement, and which has no value either before it is made public, or if it be not made public.

In order to proceed with this investigation, the Commission starts from this idea which it is well to preserve in the Civil Code, unless necessity and evident utility be opposed to it.

According to the Civil Code, the mortgage strikes real estate exclusively ; the pledge is given, still exclusively, on personal property, as the same Code, in considering the giving up of the income from property as security for the interest on a loan, which had been regarded until now as a sort of pledge and regulated in conformity with the pledge properly so called, has thought well to make it the matter of a special title (Book III tit. XX) apart and separate from that which regulates the pledge (*ib.* tit. XIX). The vessel, however, being a personal property, as has been shown (N° 533, Verb.), is not subject to mortgage under the meaning given to that word. In like manner, it cannot be said that the idea of the pledge is excluded by the fact that the object is not in the hands of the creditor ; as article 1882 of the Civil Code (1) admits that it can be in the hands of a third person ; that is why article 287 of the Commercial Code (2) requires the appointment of a keeper.

It is not exact, in the absolute sense, that the mortgage arises from an agreement, and the preference, from the nature and quality of the credit ; because, outside of conventional mortgages, there are legal mortgages, that is to say those which the law grants, not as the consequence of a preference, but precisely in consideration of the quality of the credit (art. 1963, Cod.Civ.) ;

(1) In any case, the preference only exists on the pledge, if the pledge itself have been placed and have remained in the hands of the creditor or of a third party chosen by the two sides.

(2) Article 287, *Commercial Code* : see note 1, page 108.

and, on the other hand, the civil pledge, which is formed solely by convention and for no matter what claim, gives birth to a right of priority called by a name which does not differ from that of preference. Such were the reasons which caused the Commission to deliberate about preserving the denomination of pledge of vessels, used in article 287 of the preceding Commercial Code.

These are the principles by which legislations which recognize only the naval pledge are inspired ; but it should be repeated, with many writers on this subject, that if the difference between the terms pledge and mortgage is but one of sound and if it be believed that a vessel can be mortgaged, what harm can there be in saying so ? On the contrary, it will be a good thing ; and capital will be more largely attracted by means of the mortgage (1).

It is shown, for example, by the situation of maritime mortgages in France at the end of 1900, taken from an official publication (2), that if, in practical results, there exist a difference between our naval pledge and the naval mortgage properly so called, France, after a first test which dates back to 1885, has consecrated to the organization of the latter a special law, that of July 10, 1865, which was long under preparation and which is truly worthy of consideration in all its parts.

The result is that, against the unimportant figure of 11 million lire given by loans made with the usual pledge, on December 31, 1901, there was a movement of more than 583 million francs for the 25 years running from 1875 to 1900 and of 335 million francs for the 9 years only from 1892 to 1900, with an average for this second period of 37 millions a year ; hypothecated loans amounting to 63,689,490.35 francs were recorded for 1900.

According to this, the necessity can be understood for adopting a naval mortgage properly so called, which gives a more useful arrangement for credit for this work, by granting that it can be carried on on bases of mortgages through the instrumentality of title deeds, so that, by analogy with what is granted in legislations for the exercise of the *crédit foncier*, the naval title which is used for maritime and naval credit may also enter into circulation.

(1) BORSARI. *Commentary of the Italian Commercial Cod.* Vol. II, p. 31.

(2) *Bulletin de statistique et de législation comparée*, Ministère des finances, September 1901.

V. — New propositions on mortgages and on naval credit.

As a partial application of these principles, the Italian Government laid before the Senate of the Kingdom a draft of a law entitled : *Stipulations on mortgage and on naval credit* (session of May 23, 1902).

First of all is observed in the report, and very appositely, the necessity of introducing a true naval mortgage *although it is certain that the essential data of the pledge, as they are laid down in the Italian Code, correspond almost entirely with those of the naval mortgage* ; but it cannot be granted that the preservation of the improper name of pledge should have prevented the benefits of the properly called naval mortgage from being assured in just proportion to naval industry ; it follows that all the reasons of law and of economic character which bring about the evolution of the old forms of naval credit, concur now to justify the abandonment of the pledge, in order also to accomplish in name and in intrinsic forms, the reform already accomplished in fact, which reform, however, remains imperfect and sterile, just because the name and appearances of the institution do not correspond exactly with its object, and its effect is paralyzed. Then it is added that the introduction of the formal legal institution of the naval mortgage is necessary ; because the later reform of the *crédit foncier* could not be founded in any way on the present pledge, but requires, on the contrary, the institution of the mortgage proper. It will be well to mention particularly the principal provisions included in this draft of a law. The first chapter contains the rules which, for a capacity of at least 20 tons, establish the substitution of the mortgage on vessels for that which is regulated by the Commercial Code, and which is preserved in its entirety for vessels of less capacity than this. It has been observed already that this pledge corresponds at bottom to the naval mortgage although it lacks its form ; still, by reason of the necessity of being able to obtain more ample sources of credit than those which the mere pledge would give, all difference was made to disappear.

The fundamental principles are set forth in article 1 of the draft of the law ; they sketch out the physiognomy of the new institution and may be summed up thus : —

The naval mortgage, or mortgage on vessels, can only be conventional — it may be admitted also for the vessel under construction — it cannot be granted for vessels of less than

twenty tons ; it can only be granted for vessels which, under the terms of article 40 of the Merchant Marine Code, can receive a certificate of nationality, that is : which belong to citizens of the State, or else to foreigners who have had, for at least five years, a fixed residence in the State.

These fundamental ideas are accepted almost universally by other legislations.

The institution of the pledge will remain in force for vessels of smaller capacity, in accordance with the laws which govern it in the present code. The proposition, by which the mortgage can be granted even on a vessel under construction, like the pledge of the present Code (art. 486), is but a necessary deduction from one of the objects of the new institution : that of favoring naval constructions and allowing the builder or principal to find the funds with which to finish building the vessel.

It is laid down, with the same object of giving a sure basis for naval credit, so that the loan on the mortgage can be realized easily when it falls due, that the mortgage can only be given on vessels belonging to Italian citizens or to foreigners who have been domiciled in Italy for five years. Furthermore, as the mortgage must be inscribed on the certificate of nationality as a guarantee which may not be omitted, it follows that it can only apply to vessels which can obtain this certificate, in accordance with the terms of the Merchant Marine Code.

The mortgage can be executed by the owner or by the majority of the owners of the vessel or of a part of the vessel of more than half of its value ; a part owner may also mortgage his share ; but, in this case, seeing the special nature of the object to be mortgaged, the consent of the majority has been generally believed necessary. (Art. 2.)

In order not to act in contradiction with the special economic conditions of the country, it has been proposed that the part owners of the vessel may waive, by special agreement, the general principle which requires the vote of the majority. But, in order to reconcile the two contrary principles, it has been added that, even in the cases of such an agreement, the part owner may not mortgage his share for more than one-third of its value.

The accessories of the vessel which are necessary to its service, its rigging and outfit, have always been considered as being a part thereof ; they are almost *membra navis* (L. 44 ff. *De eveci*). This principle which is consecrated in our Commercial Code (art. 480, paragraph), finds its explanation in the sense that the

mortgage covers them also, in the same way that the Civil Code provides that the mortgage applies to the building and all the additions to the real estate mortgaged (Art. 1966).

The character of the commercial contracts, as well as the special nature of the object, on which the inscription should be granted, have caused it to be laid down that the mortgage is only valid for a period shorter than the thirty years granted by the Civil Code to the mortgage on real estate (Art. 2001).

It has seemed, by the example furnished by a few foreign legislations, that it could be fixed at ten years. In the case that the operation, which is the basis of the mortgage, might or should run for a longer time, the creditor can be protected by renewing the mortgage in due time. It is indispensable that the mortgage indicate the object on which it is laid, in no matter whose hands it may be ; so that it has been said that *eius ossibus adhæret ut lepra cuti*. Otherwise, the mortgage would miss its point completely. This principle, sanctioned by article 1964 of the Civil Code, is transferred to article 10 of the proposed law. In the system of the Commercial Code in force, the pledge offers the same characters as the preferences (art. 879) ; still all the formalities necessary for the mortgage and the pledge are not demanded for the latter ; formalities whose sole object is to make known its existence and importance to no matter what purchaser or third contracting party ; that is why this institution is fated to disappear.

As to the relations with the interest on maritime loans, article 11 of the draft of the law has preserved priority for bottomry loans, even over mortgage loans, but exclusively in cases where the loan may have been used for some urgent necessity of the vessel ; otherwise the mortgage loan might also be buried in the ruin of the object which formed its security.

It is added that, even subordinately to this last condition, the preference given to the bottomry loan over the regularly recorded mortgages will be of value only in the case in which its payment cannot be made by the freight charges due to the debtor ; or else, in case of damage and if the vessel be insured, by what is due from the insurance Company ; which goes to corroborate still further the effects of the mortgage on the ship, although it may be even on the decline as regards the institution of the bottomry loan.

Article 13 relates to certain special rules about the relations between the mortgagee and the insurer, for the double purpose of having the former find the legal satisfaction for money ad-

vanced in the sums due by the latter, in conformity with the principles also sanctioned by the Civil Code (Art. 1951) and of enabling the latter to know, on his side, to whom and when the amount of the insurance should be paid. It is for the mortgagee to take care of his own interests by notifying the insurer of his claim. In this case the insurer can pay nothing to the insured unless the latter furnish him proof that the mortgagee has been satisfied. If this notification have not been given, the insurer is freed from all responsibility if he pays what he owes within a certain space of time after receiving news of the disaster.

This proposed law was submitted to the examination of a special committee of the Senate, composed of the Hon. Messrs. Carnazza, Pugliesi, Pellegrini, Piaggio, Serena and the author of this report. It may be observed however, as against the provisions which have been proposed, that the pledge, as organized in the Italian Commercial Code, being the exact equivalent of the mortgage as it is desired to organize it, it seems useless to discuss whether either one name or the other would better be used, the more so as national and extensive doctrine has recognized the fact that the Italian Commercial Code offers a complete system which is pointed to as a model; and that the limitation introduced in accordance with the objects of the ship, without any extension to vessels in general, not only aims at establishing a difference without juridical foundation, but corresponds economically neither to the end proposed, which is to favor the desired development of credit in ships, nor to the nature of the vessel which should be considered independently from its object.

VI. — **Extension of the different kinds of mortgage to sea going vessels and to vessels for inland navigation.**

Once the mortgage on ships being granted, ought it be enacted that vessels are subject not only to mortgage by agreement, but also to a legal or judiciary mortgage? A negative answer is given in Bolaffio and Vivante's commentary on the Italian Commercial Code; but this thesis is difficult and surely, if the written law (Italian, English, French and Dutch) be considered, it must be granted that ships may only be mortgaged by mutual consent; and that legal and judiciary mortgages would thus be excluded, but there is no doubt that the latter ought also be granted.

The laws on the mortgage of vessels exclude the judiciary and the legal mortgage essentially for two reasons : —

1° Because legal mortgages, by dispensing with publicity, compromised maritime credit ;

2° Because it does not appear proper to impose on vessels a function to which they are little suited, that is to say, to serve as security for womens' dowries or wards' inheritances.

The first of these reasons is of no value for legislations like that in force in Italy, where no mortgage, whether conventional, judiciary or legal, is sound unless it have been made public by being recorded, whereas, according to other laws (Art. 2133 of the French Code), a few mortgages exist independently of all publicity. In the matters of dowry and pupillary inheritance, it is observed that the mortgage can be as useful economically to the owner as no matter what other borrowed capital. Judicially, it would be narrowly related to the customs and traditions of legislation, therefore no sufficient reasons are found for depriving a creditor, who has obtained a judgment against a debtor, of the effective means of the judiciary mortgage ; for the judiciary mortgage is not a premium given to the diligent creditor, but a manifestation of the principle according to which the property of the debtor forms the common guarantee for his creditors. Senator Professor Cornazza Puglisi, in commenting on the provisions of the proposed law mentioned, and presented to the Italian Senate, also expresses himself in the sense that, in spite of the example of French and Belgian laws, which limit the mortgage on vessels to the conventional mortgage, it does not seem just that this limitation could or should be accepted, as the reason for it in France does not exist here (in Italy).

In Germany, at least so far as Prussian law extends, vessels are liable, in the matter of mortgages, to all the rules of civil law ; consequently they can be made the subjects of conventional, legal or judiciary mortgages. But we know that, since the law of June 24, 1861, all mortgages must be recorded, and so the utility of the distinction between the three sources nearly disappears. And the more so is this the case, that the mortgage is made good by record and that, as a rule, the record is only made on the demand of the parties present,

who must, in the presence of the *juge conservateur* (1), declare that they consent to or accept the formation of a real guarantee (2). And it is added that, as in civil matters, the preference of the vendor has been replaced by the mortgage, which has to be recorded at the same time as the copy of the sale. In like manner, and with greater care for the interest of creditors, the preference granted to the vendor, by the present Commercial Code (Art. 675, n° 12), for the part of the price of the vessel not yet paid, should be changed into a legal mortgage, to be written in the certificate of nationality and to be inscribed in the registers of the maritime division at the moment of transcription for alienation, according to Article 483 of the present Commercial Code.

It is certain, on the one hand, that, if the authors of the Commercial Code, instead of adopting the naval pledge, had introduced the naval mortgage they would not have failed to adopt the legal mortgage instead of the preference; and, on the other hand, it would be curious that the conventional mortgage should be established for the credit of the builder, and that the preference should be left for the price due to the vendor of the vessel.

It would not be the same for the judiciary mortgage, in spite of the insufficiency of the motives mentioned (3), and only in order to avoid judgments and frauds and also practical difficulties for the records, especially on the certificate of nationality.

Finally, in rejecting the judiciary mortgage, the legal mortgage might be accepted to a limited degree (4).

For the rest, as the organism of the landed credit (*crédit foncier*) finds no obstacles in the legal or judiciary mortgage, it is

(1) This should be, probably, *conservateur des hypothèques*, as the functions of a *juge conservateur* have no connection with mortgages. Eng. Frans.

(2) P. DE GENTILE, *De l'hypothèque maritime*, p. 75.

(3) The motives mentioned are: *a*) lack of exactness; *b*) the prize in the race to the most tenacious and exacting creditor; *c*) nullity of record according to the provisions of Art. 446 of the French Commercial Code. But lack of exactness is not established, as it is a question of a vessel; the prize in the race is in conformity with the principle *vigilantibus et dormientibus succurrit*, etc., and finally the nullity of record is not realized, for the owner of the vessel may be sued judicially without being on that account in a condition of failure.

(4) To a limited degree was said, in order to exclude the legal mortgage for the dowry and guardianship.

believed that, in the same way, the organism of the naval credit will find no difficulties in a limited recognition of the legal mortgage.

VII. — Works of the Congresses.

The question of the mortgage on river craft has been discussed for several years by the Congresses interested in inland navigation. The Congresses of the Navigable South-West, which met at Toulouse should be mentioned with special honor. The reports and studies of Messrs. Captier, General Secretary, of the Syndical Chamber of the Commercial Marine at Paris; Sauvaire Jourdan, Professor of the law Faculty at Toulouse; and Fraissaingen, Professor of Commercial Law at the University of Toulouse, bear witness to the importance of the question itself, and to the necessity, in modern times, when the legislator is endeavoring to create new means of credit proportioned to new needs, of laying down precise rules in order better to define or establish the river mortgage, when it is deemed necessary. At the second Toulouse Congress in 1903 (See : *Compte rendu des Travaux* [Report of Proceedings] Toulouse, 1904), Professor Fraissaingen observed, in speaking of France, that it possessed no provisions relating to inland navigation, while in Holland, for example, the Commercial Code treats of inland navigation, in the book devoted to maritime navigation. Title XIII of Book II (Art. 748 to 763) has for its heading : On boats and vessels navigating inland waters ; and in Germany, a law dated June 15, 1895, amended by the law of May 20, 1898, is devoted also to inland navigation ; and while it points out that, ever since the Commercial Code was compiled, the courts of appeal at Brussels, Rouen and Toulouse have expressed the wish that the proposed Commercial Code should be completed by provisions relating to inland navigation, it may also be asked why France does not come in on this road. It is added with reason that the void, which three courts of appeal, during the XIXth century, asked the legislator to fill up, is now more glaring in view of the transformations of inland navigation. The old river vessels of small tonnage and slow speed are no longer alone in rendering useful services to trade and industry. A new fleet has arisen, composed of vessels of far greater tonnage, which navigate or are towed by steam in quicker service ; the value of the inland navigation plant is very much greater

and the size of the cargo has increased in the same proportions. To say nothing of preparatory legislative works (1), presented long since without effect, the wish has been expressed to the Congress that the rules now reserved to maritime navigation be extended to inland navigation, especially in what concerns :—

1° The mortgage on inland vessels ;

2° The responsibility of the owners of these vessels ; a responsibility which is, at present, very much greater than that of owners of sea-going vessels.

We are wholly in sympathy with these wishes, which are founded on the necessity of extending naval credit in proportion to the development of trade and industries relating to navigation, without there being any judicial obstacles as the result.

VIII. — Conclusions.

As a consequence of the considerations which have just been developed, the following conclusions are presented to the Congress : —

1° The institution of the river mortgage, that is, the mortgage on inland navigation vessels, should find a place in all legislations ; it should be improved, if necessary, in those where it exists already.

2° This mortgage, while it may be conventional, should be able also to take the shape of the legal mortgage and of the judiciary mortgage ; with provisions guaranteeing the publicity of records of every kind.

FROLA.

(1) Draft of a bill on the river mortgage system (*Projet de loi sur le régime hypothécaire fluvial*), laid before the Chamber of Deputies, February 21, 1895, (*Journal Officiel*, 1895. Documents parlementaires, Chambre, pp. 215 *et seq.*) Report made December 16. 1896.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
3. Communication

STUDY

OF THE

Effects produced by the Cutting of navigable Canals
ON THE UNDERGROUND WATER SYSTEMS

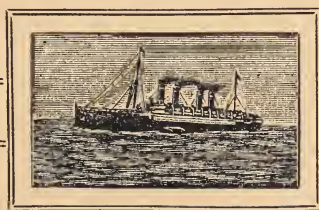
GENERAL REPORT

BY

Mr. P. E. de SANCTIS

Formerly Engineer in the Italian Civil Service

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

The effect of canals upon the behaviour of subsoil water

GENERAL REPORT

BY

Mr. P. E. de SANCTIS

Engineer

The science of underground waters was not understood until quite recently. Works were carried out from practical experience and not according to scientific ideas. Modern requirements necessitate works of a different type to those of old so that it has become essential to examine the question from a scientific standpoint.

In fact, hygiene demands that the water supply of cities shall be derived from springs. For factories, placed at some distance from a river, which require a considerable amount of water, it is necessary to have recourse to an underground supply. Mines and large public works with deep cuttings, require a thorough knowledge of the movement and properties of underground waters.

It is, therefore, necessary to investigate that portion of hydraulics which may in fact be considered a special science known as *underground hydrology*.

Darcy in France was the first to make experimental researches to determine the law of the percolation of water through permeable earths, but it is to Dupuit that we owe the theory of the phenomena of filtration of water.

Many others have since studied this question in Germany, France and Italy, the chief of whom are Weiss, Seelheim, Thon, Kolz, Haaren, Thiem, Oesten and Kröleer, and have perfected the results obtained by Darcy and others such as Forcheimer, Lembke, Clovenard, Fossa-Mancini, Brouchon, Alibrandi and Malcet, who have mathematically formulated the theory of the movement of underground waters.

The Commission of the Congress has very appropriately placed the enquiry into *the effect of canals upon the behaviour of*

subsoil water, upon the agenda, for the construction of recent canals shows that one cannot always follow simply the configuration of the surface. It is sometimes necessary to build high embankments which absorb the water by percolation and also cuttings which interfere with the behaviour of the waters in the ground.

Only one report has been sent in on this subject. It is by Mr. Denil, an engineer, whose name is well known to the Association of Congresses of Navigation owing to the valuable contributions which he has made to former congresses.

Mr. Denil tells us that his paper is only a preliminary sketch which he proposes to amplify later on in another and more complete report. His competence to deal with this subject is such as to make us wish that this report may not be delayed.

Mr. Denil remarks that in constructing canals, one often encounters earths, clays, sands, and deposits which are mixed in various proportions, so that it is necessary to determine the exact nature of these materials, by physical and microscopical analysis, by sorting them according to size, etc., and to find out what effect they have upon the land-water. In this way it would be possible to foresee, to a certain degree, what would take place when a new canal is constructed.

After these preliminary considerations, Mr. Denil proceeds with an enquiry into the nature of the water which permeates the soil and exists as a mass in motion and not as a quiescent subterranean lake. He then refers briefly to the principles of underground hydraulics, that is to say to the law of filtration which conforms nearly to Poiseuille's law, and he goes on to examine the hypothetical case of a canal built on practically impermeable or permeable soil.

After briefly stating these principles, the author examines the effect of canals upon the water-bearing strata. He says that in carrying out a scheme, it is necessary to have a geological and hydrological chart of the formation of the district. He shows that normal hydrological phenomena are transversal phenomena which occur in the section at right angles to the direction of the drainage.

The water level of canals may be below or above the level of the existing sheet of water underground. In the first case the canal will be supplied from the underground pocket of water, which may bring about the exhaustion of wells, ponds, etc., which are a long way off. For this reason it has sometimes been possible to build canals which were partly supplied by

underground waters when it would have been difficult and costly to supply them with water in another way.

Canals constructed in pseudo-clayey earths, cease to affect the water in the ground at a very short distance. But, in clayey soil, the underground waters threaten the stability of the cuttings which are easy to build but difficult to maintain, whereas in sand they are difficult to build but once they are made they keep stable indefinitely.

Mr. Denil explains that these phenomena are due to the alteration in the gradient of the water in the ground in consequence of the cuttings and to the different densities of the saturated earth and of the surface soil. He concludes from this that it is necessary to alter the angle of inclination of the water in the ground in order to prevent settlements.

Mr. Denil remarks that we have a practical example of this principle in the St. Nicolas to Houdeng-Goegnies cutting which has given such admirable results.

We should like to remark, however, that Bruère's rules were adhered to for some considerable time in order to prevent settlements at railway cuttings.

In spite of his exhaustive knowledge of the subject, he made the mistake of excluding and opposing drainage which he would only admit to be necessary in the exceptional case of soils which were compressed by the weight of the embankments. In other words, his theories on this point were different to those accepted at present in underground hydrology. I should like here to draw attention to the fact without unduly enlarging on it, that the first to formulate the theories which now find acceptance, were Italian engineers. They accomplished this when they had to strengthen the large and deep cuttings and embankments of the Sicilian railways. Their works are now used as text books in the technical schools.

When the water level of a canal is higher than the underground sheet of water or when the canal runs between artificial embankments, the water from the canal always percolates through to the underground water.

Mr. Denil has designed an *infiltrometer* for determining the loss of water by percolation or evaporation in the reaches of canals. This instrument is also used as a *rain gauge*. The results of his experiments show that the losses by percolation in a canal of the size of those in France and Belgium, can be reduced to 154 litres per lineal metre during 24 hours.

Mr. Denil goes into the question of the hyper-saturation caused by percolation from the upper canal into the water-bearing strata and the settlements which they produce in the banks of rivers or streams where these waters find outlet.

He shows that the banks of canals are resisting and impermeable when the soils are arranged in the order of permeability, the degree of permeability increasing as one goes vertically downwards from the bottom of the canal right into the natural soil. In confirmation of this, he cites the drainage works which have been carried out by the engineer Hirsch in the slopes of the earthen embankments of reservoirs. One might also mention similar drainage works which were carried out long before in high embankments in Sicily.

Mr. Denil concludes his report with detailed investigation of the damage which percolation can produce in mines when these are underneath or near canals.

As it is evident that *underground hydrology* is not only important but necessary, the Congress ought to pass a resolution that this science should be studied more and more every day.

Rome, June 1905.

PAUL EMILE DE SANCTIS.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES
CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure
3. Communication

DE L'HYPOTHÈQUE
SUR LES
BATEAUX DE NAVIGATION INTÉRIEURE

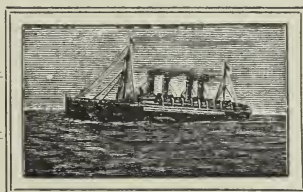
RAPPORT

PAR

M. FROLA

Sénateur

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES
IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

L'HYPOTHÈQUE

SUR LES

Navires destinés à la Navigation intérieure

RAPPORT

PAR

M. FROLA

Sénateur

I. — Importance du problème.

Le problème de la navigation interne, qui suit de si près celui de la navigation maritime, et y est si connexe, embrasse plusieurs questions importantes, parmi lesquelles celle de *l'hypothèque sur les navires destinés à la navigation intérieure* est digne d'une remarque particulière, au point de vue aussi bien juridique qu'économique.

En ma qualité de rapporteur du projet de loi présenté au Sénat du Royaume d'Italie, à la XXI^e législature, lequel renfermait des *dispositions en faveur de la marine marchande*, j'ai dû m'occuper de propositions ayant pour but d'encourager les constructeurs navals, que favorisent tous les Etats, lesquels, dans la lutte sur la mer libre, rivalisent entre eux de facilités et de primes. J'ai remarqué que les études des personnes compétentes en la matière portaient sur l'examen de toutes les aides indirectes en faveur de la navigation, et, par exemple, sur le moyen de rendre le capital plus accessible et par des facilités de crédit et par des modifications à la législation, surtout pour ce qui concerne la marine et le prêt au change maritime ou fluvial ; sujet du plus grand intérêt, digne de règles législatives particulières et dont il est aussi question dans le rapport du Sénat du Royaume d'Italie, sur le projet de loi qui devint ensuite la loi de 1890 (1).

(1) *Rapport au Sénat du Royaume d'Italie, XXI^e législature. FROLA, rapporteur.*

II. — Raisons de l'Institution de l'Hypothèque Fluviale.

Raison juridique.

Pourtant, c'est à juste titre qu'on a voulu comprendre ce sujet dans les questions et les communications qui forment le programme du X^e Congrès international de navigation.

L'institution de l'hypothèque navale, fluviale ou maritime puise, juridiquement, sa raison d'être dans le principe que tous les biens du débiteur doivent constituer la garantie du créateur ; elle se présente comme le complément du gage, de l'assurance, du sequestre, de la saisie et de la vente judiciaire du navire : même dans le droit romain, on trouve la loi de Marcien, qui veut que l'hypothèque puisse être constituée autant sur les meubles que sur les immeubles ; et parmi les autres législations, le Code de Commerce italien est cité comme un modèle complet faisant texte pour le sujet en question, de sorte que le gage, tel qu'il y est organisé, équivaut parfaitement à l'hypothèque (1).

Raison économique.

Au point de vue économique, cette institution trouve son explication naturelle dans l'organisme moderne du crédit, dans ses développements nécessaires et dans les opérations plus importantes qui peuvent dériver de la garantie sur le navire, laquelle contribuera à étendre et à soutenir la navigation.

Le commerce naval, comme tout autre commerce ou industrie, a besoin du crédit : et encore à présent, plus que jamais, les constructions navales, l'acquisition et l'équipement des navires demandent des capitaux énormes ; car le tonnage a augmenté, et, à cause de différentes conditions dans les constructions, le crédit foncier a fait qu'on peut rendre meubles les valeurs représentées par des immeubles, et l'institution des magasins généraux a fourni au négociant la possibilité de conclure des affaires pour cinquante fois la valeur de ses capitaux, moyennant l'endossement des titres représentant la valeur de la marchandise donnée en gage : le commerce maritime fluvial, pour rendre ses opérations plus fréquentes et plus avantageuses, a donc besoin de gages aussi sûrs que ceux qu'offre la loi, par les hypothèques sur les immeubles.

(1) BENSÀ, *Rapport à la Conférence maritime de Hambourg*, p. 11, édit. Naples, 1902. L. M. HENNEBICQ, *Notes de droit comparé*, Anvers, 1902.

III. — Etat de la législation de l'Hypothèque sur les navires.

Un examen de l'état de la législation et des principes desquels elle s'est inspirée, nous montre un développement progressif et une application toujours plus grande de ces principes.

Le Code Napoléon déclare bien que les navires sont des choses meubles, mais il établit déjà que, malgré cela, ils *sont affectés aux dettes des vendeurs et surtout à celles que la loi déclare privilégiées*. Le Code sarde s'exprimait aussi en ces termes, mais aucune disposition n'existant pour ce qui concerne le gage naval ou l'hypothèque maritime, et le commerce et la navigation ayant besoin de faciliter le crédit maritime, on suppléa alors à l'insuffisance de la loi par des ventes simulées, que les jurisprudences française et italienne ont toujours reconnues valables, comme seul moyen de constituer un gage efficace sur les navires. On retint que la vente simulée fut le seul moyen pour respecter la tradition du navire, vis-à-vis des tiers et de l'administration publique, et pour conserver au créancier le privilège sur le navire (1) : mais pour faire cesser ces incertitudes, dès 1874, on promulgua en France la première loi sur l'hypothèque maritime, complétée ensuite par la loi du 10 juillet 1885. En outre, pendant les discussions, on a toujours soutenu que l'hypothèque fluviale, c'est-à-dire l'hypothèque sur les navires de navigation intérieure, ne peut être séparée de l'hypothèque maritime ; mais aucune disposition en ce dernier sens n'a été introduite — quoique, par le décret du 1^{er} avril 1899, on ait établi les formalités relatives à l'état civil des bateaux de fleuve.

En Belgique existe l'hypothèque maritime, réglée par le Code de Commerce (articles 134 et suivant), mais elle ne concerne aucunement les navires internes ; ceux-ci, à défaut d'hypothèque, peuvent être donnés en gage : un projet de loi, récemment présenté aux Chambres, établit l'hypothèque fluviale ; par contre, dans les Pays-Bas, les navires internes sont, sous certaines conditions, assimilés aux navires de mer (2).

D'après ce projet de loi, sont qualifiés comme navires tous les bâtiments ayant au moins dix tonneaux de portée, qui

(1) *Cassation française*, 9 juillet 1877. *Journal du Palais*, 1877. Tribunal d'appel, Gênes, 11 janvier 1891. *Jurisprudence italienne*, 1891, II-33. ASCOLI, *Du Commerce maritime et de la navigation*.

(2) VEIL, *Principes de droit maritime comparé*, par Léon Hennebicq, 1^{re} partie: *Le Navire*.

transportent ou sont destinés à transporter habituellement dans les eaux internes les personnes et les marchandises, qui servent à la pêche, à la remorque ou à toute autre opération lucrative de navigation.

Par ce projet, on inaugure en plus une immatriculation navale, et chaque navire belge doit être immatriculé au bureau des hypothèques du pays d'origine, dans un registre spécial.

IV. — Le Code italien.

Le Code de Commerce italien traite des navires dans le second livre *du commerce maritime et de la navigation*, sous le titre *les navires et leurs propriétaires*. Il n'a pas voulu donner la définition du navire ; mais il a eu l'intention d'attribuer au mot *navire* la signification la plus ample et la plus étendue, celle même que lui attribuait Usprano, lorsque, *en nommant le navire, il voulait non seulement parler des navires de mer, mais aussi de ceux qui naviguent en d'autres eaux : navem accipere debemus sive marinam, sive fluviatilem, sive in aliquo stagno naviget*. Le Code italien considère donc comme navires tant ceux qui traversent les océans, que ceux qui naviguent sur les lacs et le long des fleuves, et qui ne sont pas destinés à sortir des ports, des rivages ou des canaux. Dans le sens voulu par le législateur italien, sont des navires, tous les *chalands* qui naviguent, indépendamment de leur dimension et de leur portée ; de sorte que, dans les différentes dispositions, on parle de navires de petites dimensions ayant une portée inférieure à cinquante tonneaux, de *barques*, de *chaloupes* et d'*autres navires* dont la portée ne dépasse pas les trente tonneaux. Le mot *navire*, selon le Code italien, comprend tant les bateaux à vapeur que ceux à voiles, tant les navires qui transportent des marchandises ou des voyageurs que ceux qui transportent seulement des voyageurs pour de courts voyages ou pour des voyages de longue durée : *navis paratur ad hoc ut naviget* ; l'article 490 se rapporte spécialement aux *petits navires*, de sorte que même les navires dépourvus de nationalité et les bateaux de toute portée peuvent jouir du crédit.

Quant à la nature des droits consentis aux créanciers, on la relève des travaux préparatoires du Code, dans lesquels les principes déterminant l'hypothèque navale et ses caractéristiques, en comparaison du gage, sont exactement tracés.

De même, dans les travaux préparatoires du Code de Com-

merce, on songea à une nouvelle institution avec la dénomination d'hypothèque navale ; les raisons qu'on apportait étaient tirées de l'avantage qu'il y avait à permettre au propriétaire du navire d'obtenir des avances sur sa valeur. Tout en ne pouvant douter de l'utilité d'une institution visant à ce but, la Commission préparatoire ne crut pas devoir admettre qu'elle fût une institution nouvelle, ni qu'auparavant on n'eût jamais pris garde à la dite utilité ; mais elle objecta que l'institution du gage maritime, inaugurée par la Commission de 1865, avait le même but et devait, moyennant quelques perfectionnements, offrir les mêmes avantages.

Toute la question est donc de savoir (ce sont les paroles qu'on lit dans les procès-verbaux de la Commission) si l'institution doit être appelée hypothèque navale au lieu de s'appeler gage maritime ; et quoiqu'il s'agisse d'une question de mots, la Commission croit devoir exposer brièvement sa pensée sur ce détail, ne fût-ce que pour justifier les délibérations de la Commission de 1865.

L'idée primitive du gage fut celle d'un contrat réel par lequel la chose engagée pour sûreté de la dette était mise entre les mains du créancier. Mais *rebus ipsis dictantibus, usu exigente et humanis necessitatibus*, on passa par degrés à admettre que l'on pouvait constituer et acquérir un droit de gage, même sur ce qui restait entre les mains du débiteur.

Au commencement, le mot *gage* servait à exprimer les deux cas, et quand on emprunta à la langue grecque le mot *hypothèque*, l'on ajouta qu'il n'y avait entre les deux paroles d'autre différence que celle du son.

On pourrait croire que le jurisconsulte Marcien, qui a écrit un livre spécial, une monographie, *ad formulam hypothecariam*, eût dû prendre un soin spécial pour distinguer le gage de l'hypothèque. Cependant, il déclare lui-même : *inter pignus et hypothecam tantum nominis sonus differt* (Fr. 5 § 1 D. *De pignorib. et hypoth.* XX. 1).

Mais aussi on distingua que le mot gage servait plus proprement à l'indication de ce que l'on remettait au créancier ; et le mot hypothèque, au contraire, pour ce qui restait auprès du débiteur, quoique engagé au crédit (U. L. P. fr. 9 § 2 *DD e pignor. act.* XIII, 7) ; il convient donc d'examiner si le gage sur le navire, qui reste auprès du débiteur, ne doit pas plutôt s'appeler hypothèque, et s'il ne serait pas plus exact de dire que le privilège dérive précisément de la nature du crédit, et l'hypothèque, de la convention ; et que, en conséquence, il n'est pas

exact d'appeler privilège, ce droit de préférence, qui est accordé sur le navire par suite de la convention, et qui n'a aucune valeur ni avant sa publication, ni s'il manque de publication.

« Pour procéder à cette investigation, la Commission part de l'idée qu'il est opportun, si la nécessité et l'utilité évidente ne s'y opposent, de conserver dans le Code civil.

D'après le Code civil, l'hypothèque grève exclusivement les biens immeubles ; le gage se constitue, exclusivement toujours, sur les biens meubles, puisque le même Code, en considérant l'autichrèse, qui était jusqu'à présent envisagée comme une espèce de gage et réglée de conformité avec le gage proprement dit, a cru à propos d'en faire matière à un titre spécial (Livre III tit. XX) à part et distingué de celui qui règle le gage (*ivi* tit. XIX). Pourtant, le navire, étant un bien meuble, comme on l'a démontré (N° 533, Verb.), n'est pas susceptible d'hypothèque dans le sens qu'on donne à ce mot. De même, l'on ne peut dire que l'idée du gage soit exclue par le fait que l'objet n'est pas aux mains du créancier ; puisque l'article 1882 du Code (1) civil admet qu'il peut se trouver entre les mains d'un tiers ; c'est pourquoi l'article 287 du Code de commerce (2) exige la nomination d'un garde.

Il n'est pas exact, dans un sens absolu, que l'hypothèque provienne d'une convention, et le privilège, de la nature et de la qualité du crédit ; car en dehors des hypothèques conventionnelles, nous avons les hypothèques légales, c'est-à-dire celles que la loi accorde, non pas à la suite d'un privilège, mais précisément en considération de la qualité du crédit (art. 1963, Cod. Civ.) ; et, par contre, le gage civil, qui est constitué uniquement par convention et pour n'importe quelle créance, donne naissance à un droit de préférence désigné par un nom qui ne diffère pas de celui du privilège. Ce fut pour de telles raisons que la Commission délibéra de conserver la dénomination de gage des navires, employée dans l'article 287 du Code de Commerce précédent.

Voilà les principes dont s'inspirèrent les législations qui admettent seulement le gage naval ; mais, avec bien des auteurs en cette matière, on doit répéter que si la différence entre les mots gage et hypothèque n'est que du son et si nous croyons un navire susceptible d'hypothèque, quel mal peut-il y avoir à le

(1) En tout cas le privilège n'existe sur le gage que si le gage même a été remis et est resté dans les mains du créancier ou d'un tiers choisi des deux côtés.

(2) Article 287, *Code de Commerce* ; voir note 1, page 108,

dire ? Ce sera, au contraire, un bien ; et moyennant l'hypothèque, les capitaux afflueront plus nombreux (1).

Il est démontré, par exemple, par la situation des hypothèques maritimes en France, à la fin de 1900, tirée d'une publication officielle (2), que si, dans les résultats pratiques, une différence existe entre notre gage naval et l'hypothèque navale proprement dite, à l'organisation de laquelle, après un premier essai qui remonte à 1885, la France a consacré une loi spéciale, longuement élaborée et vraiment digne de considération, en toutes ses parties, celle du 10 juillet 1865.

Il s'ensuit, contre le chiffre peu important de 11 millions de lires données par les opérations de prêt faites avec le gage en cours, le 31 décembre 1901, un mouvement de plus de 583 millions relatifs aux 25 années écoulées de 1875 à 1900 et de 335 millions seulement dans les 9 années depuis 1892 jusqu'à 1900, avec une moyenne, pour cette seconde période, de 37 millions par an ; pour 1900, sont enregistrés des emprunts hypothécaires qui se montent à Lires 63,689,490.35.

D'après cela, on comprend aussi la nécessité de l'adoption d'une hypothèque navale proprement dite, qui permette au crédit de cette œuvre un arrangement plus utile, en admettant qu'il puisse s'exercer sur des bases hypothécaires moyennant l'instrument des titres, en sorte que, par analogie à ce qui est admis dans les législatures pour l'exercice du crédit foncier, circule le titre naval qui sert au crédit maritime et fluvial.

V. — Nouvelles propositions sur l'hypothèque et sur le crédit naval.

Comme application partielle de ces principes, le Gouvernement italien a présenté au Sénat du Royaume un projet de loi ayant pour titre : *Dispositions sur l'hypothèque et sur le crédit naval* (séance du 23 mai 1902).

Dans le rapport, on fait remarquer avant tout, très à propos, la nécessité d'instituer une vraie hypothèque navale *quoiqu'il soit certain que les données essentielles du gage, ainsi qu'elles sont tracées dans le Code italien, correspondent presque entièrement à celles de l'hypothèque navale* ; mais l'on ne peut pas

(1) BORSARI, *Commentaire au Code de Commerce Italien*. Vol. II, p. 31.

(2) *Bulletin de statistique et de législation comparée*, Ministère des finances, septembre 1901.

admettre que la conservation du nom impropre de gage ait empêché que les bénéfices de l'hypothèque navale proprement dite puissent être assurés dans la juste mesure à l'industrie navale ; il s'ensuit que toutes les raisons de droit et de caractère économique qui déterminent l'évolution des anciennes formes du crédit naval en celles de l'hypothèque navale, concourent maintenant à justifier l'abandon du gage, pour accomplir aussi de nom et dans les formes intrinsèques, la réforme déjà accomplie dans le fait, laquelle, cependant, reste imparfaite et inféconde, précisément parce que le nom et les apparences de l'institution ne correspondent pas exactement à l'objet ; et l'effet en reste paralysé. On ajoute ensuite que l'introduction de l'institution juridique formelle de l'hypothèque navale est nécessaire ; car la réforme ultérieure du crédit foncier ne pourrait d'aucune manière avoir pour base le gage actuel, et exige, au contraire, l'institution de l'hypothèque proprement dite. Il est utile de mentionner particulièrement les dispositions principales qui sont comprises dans ce projet de loi. Le premier chapitre contient les règles qui, pour une portée d'au moins 20 tonneaux, établissent la substitution de l'hypothèque navale à celle qui est réglée par le Code de Commerce, et qui est intégralement conservée pour les navires ayant une portée inférieure à cette mesure ; on a déjà observé que ce gage correspond dans le fond à l'hypothèque, quoiqu'il lui en manque la forme ; pourtant, par la nécessité de pouvoir se procurer des sources de crédit plus larges que celles qui pourraient provenir du simple gage, on fit disparaître toute différence.

Les principes fondamentaux sont exposés dans l'article 1^{er} du projet de loi ; ils tracent la physionomie de la nouvelle institution et peuvent se résumer ainsi :

L'hypothèque navale ne peut être que conventionnelle — on peut l'admettre aussi pour le navire en construction — on ne peut l'admettre que pour les navires d'une portée non inférieure à vingt tonneaux ; on ne peut l'admettre que pour les navires qui, aux termes de l'article 40 du Code pour la marine marchande, peuvent être munis de l'acte de nationalité, c'est-à-dire qui appartiennent à des citoyens de l'Etat, ou bien à des étrangers ayant, depuis au moins cinq ans, leur domicile ou leur résidence dans l'Etat.

Ces idées fondamentales sont presque universellement acceptées par les autres législations.

Pour les navires d'une portée inférieure, l'institution du gage continuera à être en vigueur d'après les lois qui la règlent dans

le code actuel. La proposition, par laquelle l'hypothèque peut être admise même sur le navire en construction, comme le gage selon le Code actuel (art. 486), n'est qu'une déduction nécessaire d'un des buts de la nouvelle institution : celui de favoriser les constructions navales et de permettre au constructeur ou au commettant de trouver du crédit, pour achever la construction du navire.

Dans le même but de donner une base sûre au crédit naval, de manière que le crédit hypothécaire puisse, à l'échéance, être aisément réalisé, on établit que l'hypothèque ne peut être admise que sur des navires qui appartiennent à des citoyens italiens ou à des étrangers qui demeurent ou résident en Italie depuis cinq ans. D'ailleurs l'hypothèque devant s'inscrire sur l'acte de nationalité comme une garantie dont on ne pourrait se passer, il s'ensuit qu'elle peut se rapporter seulement aux navires qui peuvent obtenir cet acte, aux termes du Code pour la marine marchande.

L'hypothèque peut être constituée par le propriétaire ou par la majorité des propriétaires du navire ou d'une partie du navire dépassant la moitié de sa valeur ; un co-propriétaire peut aussi hypothéquer sa quote-part ; mais, en ce cas, en ayant égard à la nature spéciale de l'objet à hypothéquer, on a cru généralement nécessaire le consentement de la majorité. (Art. 27.

Pour ne pas agir en contradiction avec les conditions économiques spéciales du pays, on a proposé que les co-propriétaires du navire, par une convention spéciale, puissent déroger au principe général demandant le vote de la majorité. Seulement, afin de concilier les deux principes opposés, on a ajouté que, même dans les cas d'une convention semblable, le co-propriétaire ne peut hypothéquer sa quote-part au-dessus du tiers de sa valeur.

Les accessoires du navire nécessaires à son service, les agrès, ont toujours été considérés comme en faisant partie ; ils sont presque des *membra navis* (L. 44 ft. *De evici*). Ce principe consacré dans notre Code de Commerce (art. 480, alinéa), trouve son explication dans le sens que l'hypothèque s'étend à eux aussi, de la même manière que le Code civil dispose que l'hypothèque s'étend aux constructions et à toutes les accessions de l'immeuble hypothéqué (Art. 1966).

Le caractère des contrats commerciaux, aussi bien que la nature spéciale de l'objet, sur lequel on doit admettre l'inscription, ont conseillé d'établir que l'hypothèque n'est valable que pour un temps plus court que celui de trente ans, lequel est

accordé par le Code civil à l'hypothèque sur les immeubles (Art. 2001).

Il a semblé, d'après l'exemple fourni par quelques législations étrangères, qu'on pouvait la fixer à dix années. Dans le cas où l'opération, qui est la base de l'hypothèque, pourrait ou devrait avoir une plus longue durée, le créancier pourra se prémunir en renouvelant l'hypothèque en temps opportun. Il est indispensable à l'hypothèque qu'elle indique l'objet sur lequel elle est inscrite, auprès de n'importe quel possesseur ; de sorte qu'on a dit que *eius ossibus adhæret ut lepra cuti*. Sans cela l'hypothèque manquerait complètement son but. Ce principe, sanctionné dans l'article 1964 du Code civil, est transféré dans l'article 10 du projet de loi. Dans le système du Code de commerce en vigueur, le gage, aussi bien que les privilèges, offre les mêmes caractères (art. 879) ; cependant on n'exige pas, pour ces derniers, toutes les formalités nécessaires pour l'hypothèque et pour le gage ; formalités n'ayant précisément d'autre but que d'en faire connaître l'existence et l'importance à n'importe quel acquéreur ou tiers contractant ; c'est pourquoi cette institution est destinée à disparaître.

Quant aux rapports avec le change maritime, par l'article 11 du projet de loi on a gardé la priorité de l'emprunt à change maritime, même sur les crédits hypothécaires, exclusivement dans les cas où l'emprunt aurait servi réellement à quelque nécessité urgente du navire ; sans cela, le crédit hypothécaire aurait aussi pu être enseveli dans la ruine de l'objet qui lui servait de garantie.

L'on ajoute que, même subordonnément à cette dernière condition, la préférence accordée au prêt à change maritime sur les hypothèques régulièrement inscrites n'aura de valeur que dans le cas où l'on ne pourrait pourvoir à son extinction par le produit des frets dus au débiteur ; ou bien, dans le cas d'avarie et si le navire est assuré, par l'indemnité due par la Compagnie d'assurance ; ce qui concourt à corroborer encore plus les effets de l'hypothèque navale, quoiqu'elle soit en décadence même vis-à-vis de l'institution du prêt à change maritime.

L'article 13 concerne certaines règles spéciales sur les rapports entre le créancier hypothécaire et l'assureur, dans le double but que le premier trouve dans les sommes dues par le second la satisfaction légitime des avances faites par lui, en conformité des principes sanctionnés aussi par le Code civil (Art. 1951) et que l'assureur, de son côté, puisse savoir à qui et quand il devra payer le montant de son assurance. C'est au créancier hypothé-

caire à avoir soin de ses intérêts en notifiant le crédit à l'assureur ; dans ce cas, celui-ci ne peut payer aucune somme à l'assuré, si l'on ne lui fournit pas auparavant la preuve que le créancier a été satisfait. A défaut de cette notification, l'assureur est délivré de toute responsabilité, s'il paye ce qu'il doit dans un certain terme de la nouvelle du désastre.

Ce projet de loi a été déféré à l'examen d'une commission spéciale du Sénat, composée des honorables MM. Carnazza, Pugliesi, Pellegrini, Piaggio, Serena et du rapporteur ; pourtant on peut observer, contre les dispositions qui ont été proposées, que le gage, tel qu'il est organisé dans le Code de commerce italien, équivalant parfaitement à l'hypothèque comme on veut l'organiser, il paraît inutile de discuter s'il convient d'adopter l'une ou l'autre dénomination, d'autant plus que la doctrine nationale et extensive a reconnu que le Code de commerce italien présente à ce sujet un système complet que l'on indique comme modèle ; et que la limitation introduite suivant la portée du navire, sans aucune extension aux navires en général, non seulement vise à établir une différence sans fondement juridique, mais ne correspond économiquement ni au but voulu, qui est de favoriser le développement désiré du Crédit naval, ni à la nature du navire que l'on doit considérer indépendamment de sa portée.

VI. — Extension des différentes espèces d'hypothèque aux navires de mer et de navigation interne.

Une fois admise l'hypothèque navale, devra-t-on statuer que les navires sont passibles, non seulement de l'hypothèque conventionnelle, mais aussi d'une hypothèque légale ou judiciaire ? Dans le commentaire au Code de commerce italien par les écrivains Bolaffio et Vivante, on répond négativement ; mais cette thèse est difficile et certainement, si l'on regarde à la loi écrite (italienne, anglaise, française et hollandaise), l'on doit admettre que les navires peuvent être hypothéqués seulement par suite d'un consentement mutuel ; et que l'on doit ainsi exclure les hypothèques légales et les judiciaires, car il n'y a pas de doute que l'on devrait admettre celles-ci aussi.

Les lois sur l'hypothèque navale excluent l'hypothèque judiciaire et l'hypothèque légale essentiellement pour deux raisons :

1° Parce que les hypothèques légales, en dispensant de la publicité, compromettaient le crédit maritime ;

2° Parce qu'il ne paraît pas convenable qu'on impose aux navires une fonction qui ne leur convient guère, c'est-à-dire de servir de gage aux dots des femmes et aux patrimoines pupillaires.

La première de ces raisons ne vaut pas pour les législations dans le genre de celle qui est en vigueur en Italie, où l'on n'accorde indistinctement aucun effet à n'importe quelle hypothèque légale, conventionnelle ou judiciaire, si elle n'a pas été rendue publique par le moyen de l'inscription, tandis que, d'après d'autres lois (Art. 2133 du Code français), quelques hypothèques existent indépendamment de toute publicité. Quant à la dot de la femme et au patrimoine pupillaire, on observe que l'hypothèque peut être aussi utile économiquement au propriétaire que n'importe quel autre capital emprunté. Juridiquement, elle trouverait une relation étroite avec les coutumes et avec les traditions de quelque législation, aussi ne trouve-t-on pas de raisons suffisantes pour priver du moyen efficace de l'hypothèque judiciaire le créancier qui a obtenu un arrêt de condamnation pour son débiteur ; car l'hypothèque judiciaire n'est pas une prime qu'on accorde au créancier diligent, mais une manifestation du principe d'après lequel les biens du débiteur constituent la garantie commune de ses créanciers. M. le professeur Cornazza Puglisi, sénateur, en commentant les dispositions du projet de loi cité, présenté au Sénat italien, s'exprime aussi dans le sens que, malgré l'exemple de la loi française et de la loi belge qui limitent l'hypothèque sur les navires à l'hypothèque conventionnelle, il ne semble pas juste que l'on puisse et que l'on doive accueillir cette limitation, puisqu'ici manque la raison qui l'a déterminée en France.

En Allemagne, du moins pour la partie régie par la loi prussienne, les navires sont soumis, en ce qui concerne l'hypothèque, à toutes les règles du droit civil ; ils peuvent, en conséquence, être grevés d'hypothèque conventionnelle, légale ou judiciaire. Mais nous savons que, depuis la loi du 24 juin 1861, toutes les hypothèques doivent être inscrites et par là l'utilité de la distinction entre les trois sources disparaît presque, d'autant plus que c'est par l'inscription que s'établit l'hypothèque et qu'en général, on ne procède aux inscriptions que sur demande des parties présentes, qui, devant le juge conservateur, doivent déclarer consentir ou accepter la constitution de garantie réelle (1). Et l'on ajoute que, comme en matière civile, le privilège du

(1) P. DE GENTILE, *De l'hypothèque maritime*, p. 75.

vendeur a été remplacé par l'hypothèque, à enregistrer simultanément à la copie de la vente. De même, et avec plus d'égard à l'intérêt des créanciers, le privilège attribué par l'actuel Code de commerce avec l'article 675 n° 12, au vendeur, pour le prix du navire qui n'est pas encore payé, devrait être changé en hypothèque légale à écrire dans l'acte de nationalité et à inscrire dans les registres de la division maritime au moment de la transcription pour l'aliénation, selon l'article 483 du Code de commerce actuel.

Il est certain, d'un côté, que, si les rédacteurs du Code de commerce, au lieu d'adopter le gage naval, avaient introduit l'hypothèque navale, ils n'auraient pas manqué d'attribuer l'hypothèque légale au lieu du privilège ; et, d'un autre côté, il serait curieux qu'on établît l'hypothèque conventionnelle pour le crédit du constructeur, et qu'on laissât le privilège pour le prix dû au vendeur du navire.

Il n'en serait pas de même pour l'hypothèque judiciaire, malgré l'insuffisance des motifs cités (1) et seulement afin d'éviter des jugements et des fraudes et aussi des difficultés pratiques pour les inscriptions, surtout sur l'acte de nationalité.

Enfin, en rejetant l'hypothèque judiciaire, l'on pourrait, d'une manière limitée (2), admettre l'hypothèque légale.

Du reste, comme l'organisme du crédit foncier ne trouve pas d'obstacles dans l'hypothèque légale et judiciaire, de même nous pensons que l'organisme du crédit naval ne trouve pas de difficultés dans une reconnaissance limitée de l'hypothèque légale.

VII. — Les travaux des Congrès.

La question de l'hypothèque fluviale a été discutée, depuis plusieurs années, aux Congrès qui s'occupent de la navigation interne. On doit citer, à titre d'honneur, les Congrès du Sud-ouest navigable, qui eurent lieu à Toulouse. Les rapports et les

(1) Les motifs cités sont : a) le manque de spécification ; b) le prix de la course au créancier le plus tenace et le plus exigeant ; c) la nullité de l'inscription selon la disposition de l'art. 446 du Code de commerce français. Mais le manque de spécification n'est pas fondé, puisqu'il s'agit de navire, le prix de la course est conforme au principe *vigilantibus et dormientibus succurrit*, etc., et enfin la nullité de l'inscription ne se réalise pas, car le propriétaire ou l'armateur du navire peut être poursuivi judiciairement sans être pour cela en état de faillite.

(2) Nous avons dit d'une manière limitée, pour exclure l'hypothèque légale pour la dot et pour la tutelle.

études de MM. Captier, secrétaire général de la Chambre syndicale de la Marine à Paris ; de Sauvaire Jourdan, professeur à la faculté de Droit à Toulouse et de Fraissaingen, professeur de Droit commercial à l'Université de Toulouse, témoignent de l'importance de la question même, et de la nécessité que, dans les temps modernes, où le législateur s'efforce de créer de nouveaux moyens de crédit proportionnés aux nouveaux besoins, l'on dicte des règles précises pour mieux déterminer ou établir l'hypothèque fluviale, lorsqu'on la juge nécessaire. Au second congrès de Toulouse en 1903 (Voir : *Compte rendu des Travaux*, Toulouse 1904), le professeur Fraissaingen observait, à propos de la France, qu'elle ne possédait pas de dispositions relatives à la navigation intérieure, tandis que, par exemple, en Hollande, le Code de commerce traite de la navigation intérieure, dans le livre consacré à la navigation maritime. Le titre XIII du livre 11 (Art. 748 à 763) a, comme répertoire : des navires et des bâtiments naviguant dans les eaux internes ; et en Allemagne, une loi du 15 juin 1895, modifiée par une loi du 20 mai 1898, s'occupe aussi de la navigation interne ; et tandis qu'elle fait remarquer que, déjà dès l'époque de la compilation du Code de commerce, les tribunaux d'Appel de Bruxelles, de Rouen et de Toulouse avaient exprimé le vœu que le projet du Code de commerce fût complété par des dispositions sur la navigation intérieure, on se demande aussi pourquoi la France n'entre pas dans cette voie. On ajoute avec raison que la lacune, que, au XIX^e siècle, trois tribunaux d'appel demandaient au législateur de combler, est à présent plus criante devant les transformations de la navigation intérieure. Les anciens navires de fleuve à faible tonnage et à marche lente ne sont plus seuls à rendre d'utiles services au commerce et à l'industrie : une flottille nouvelle a surgi, composée de navires ayant un tonnage bien supérieur, qui naviguent ou sont remorqués à la vapeur en service accéléré ; la valeur du matériel de navigation intérieure est bien plus considérable et l'importance de la cargaison s'est accrue dans les mêmes proportions. Sans mentionner les travaux législatifs préparatoires (1), déposés depuis longtemps sans aucun effet, on a exprimé au Congrès le vœu qu'on étende à la navigation intérieure les règles actuellement réservées à la navigation maritime, surtout pour ce qui se rapporte :

1° A l'hypothèque sur les navires intérieurs ;

(1) Projet de loi sur le régime hypothécaire fluvial, présenté à la Chambre des Députés, le 21 février 1895 (*Journal officiel*, 1895. Documents parlementaires, Chambre, pp. 215 et suiv.) Rapport présenté le 16 décembre 1896.

2° A la responsabilité des propriétaires de ces navires ; responsabilité qui est à présent bien plus grande que celle des propriétaires des navires maritimes.

Nous nous associons complètement à ces vœux, fondés sur la nécessité d'étendre le crédit naval en rapport avec le développement du commerce et des industries ayant trait à la navigation sans qu'il puisse s'ensuivre des obstacles judiciaires.

VIII. — Conclusions.

Comme conséquence des considérations qu'on vient de développer, nous présentons au Congrès les conclusions suivantes :

1° L'institution de l'hypothèque fluviale, c'est-à-dire de l'hypothèque sur les navires de navigation intérieure, doit trouver place dans toutes les législations ; elle doit être améliorée, s'il est nécessaire, dans celles où elle existe déjà.

2° Cette hypothèque, tout en pouvant être conventionnelle, doit aussi pouvoir revêtir la forme de l'hypothèque légale et de l'hypothèque judiciaire, avec des dispositions garantissant la publicité des inscriptions de toute espèce.

FROLA.

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure

3. Communication

ETUDE

DES

Effets produits par l'ouverture des canaux de navigation

SUR LE RÉGIME DES EAUX SOUTERRAINES

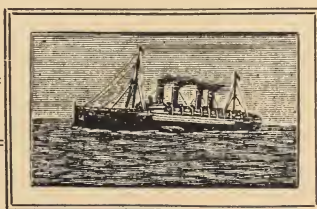
RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

M. P.-E. de SANCTIS

Ingénieur

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES

IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

ÉTUDE

DES

Effets produits par l'ouverture des Canaux de Navigation

SUR LE RÉGIME DES EAUX SOUTERRAINES

RAPPORT GÉNÉRAL

PAR

P. E. de SANCTIS

Ingénieur

L'étude des eaux souterraines était négligée, il y a peu d'années encore. On procédait aux travaux, guidé par l'expérience bien plus que par la science. Mais les exigences modernes ayant nécessité des travaux qu'on n'exécutait pas autrefois, il a bien fallu reconnaître qu'il était indispensable d'approfondir cette étude.

De fait, pour l'alimentation des villes, l'hygiène requiert l'eau des sources ; le développement de certaines industries, installées loin des rivières, exigeant des quantités d'eau considérables, il faut avoir recours aux eaux souterraines ; l'exploitation des mines, les grands travaux publics qui nécessitent, par exemple, l'exécution de hautes tranchées, exigent une connaissance exacte de l'allure des eaux souterraines et de leurs propriétés.

Il importe donc d'étudier cette partie de la mécanique des fluides qui tend visiblement à constituer une science spéciale qu'on appelle *l'hydrologie souterraine*.

Darcy, en France, effectua les premières recherches pour déterminer la loi d'écoulement des eaux à travers les terrains perméables, mais c'est à Dupuit que l'on doit l'étude théorique des phénomènes de la filtration des eaux.

A leur suite, plusieurs, en Allemagne, en France et en Italie se sont occupés de cette question, principalement Weiss, Seelheim, Thon, Kolz, Haaren, Thiem, Oesten et Kröleer qui com-

plétèrent les résultats obtenus par Darcy et par d'autres, comme Forcheimer, Lembke, Clovenard, Fossa-Mancini, Brouchon, Alibrandi et Malcet qui, par l'analyse mathématique, parvinrent à établir la théorie du mouvement des eaux souterraines.

C'est très opportunément que la Commission du Congrès a introduit, parmi les communications, l'*Etude des effets produits par l'ouverture des Canaux de Navigation sur le régime des eaux souterraines*, car la construction des canaux récents démontre qu'on ne peut pas toujours suivre la configuration superficielle du terrain. Il faut parfois exécuter de hauts remblais dans lesquels l'eau va se perdre par des infiltrations et des tranchées qui troublent l'allure des eaux souterraines.

Un seul rapport a été présenté sur ce sujet. Il est de M. l'ingénieur Denil dont le nom est bien connu à l'Association des Congrès de Navigation, grâce aux remarquables travaux qu'il a présentés aux précédents Congrès.

M. Denil prévient que son rapport est l'esquisse d'une étude qu'il développera par la suite dans un mémoire plus étendu. Sa compétence, en pareille matière, nous fait désirer que cette publication ait lieu bientôt.

M. Denil observe que dans la construction des canaux, on se trouve aux prises, bien souvent, avec des terres, des argiles, des sables, des gisements, mêlés dans des proportions diverses et que, pour cette raison, il faudrait bien déterminer ces matières par des analyses physiques et microscopiques, par le triage des éléments suivant leur grosseur, etc., et étudier les effets qu'ils produisent sur les eaux. On pourrait, de cette façon, prévoir avec une certaine précision, ce qui arrivera dans la construction des nouveaux canaux.

Après ces considérations, M. Denil passe à l'examen des eaux qui imprègnent la terre et forment, non un lac, mais une masse qui s'écoule ; puis, il indique rapidement les principes de l'hydraulique souterraine, c'est-à-dire la loi de filtration qui est presque conforme à la loi de Poiseuille, et il examine l'hypothèse d'un canal, posé sur un terrain pratiquement étanche ou perméable.

Après avoir sommairement exposé les principes, l'auteur étudie l'influence que peuvent avoir les canaux sur les nappes aquifères. Il dit que, pour exécuter un projet, il faut avoir une carte géologique et hydrologique des souterrains ; il montre que les phénomènes hydrologiques normaux sont des phénomènes transversaux qui se développent dans la section transversale au drain.

Les canaux peuvent avoir leur niveau de flottaison inférieur ou supérieur au niveau préexistant de la nappe souterraine. Dans le premier cas, le canal sera alimenté par la nappe souterraine et pourra produire, à des distances considérables, la déchéance des puits, des étangs, etc. C'est pour cela que parfois a été possible la construction des canaux qui étaient, en partie, alimentés par les eaux souterraines, alors qu'il eût été difficile et coûteux de les alimenter autrement.

Dans les terrains pseudo-argileux, l'influence des canaux est nulle à une très faible distance. Mais, dans les deux cas, les eaux souterraines menacent la stabilité des tranchées qui sont faciles à établir et difficiles à maintenir dans les terrains argileux, tandis que, dans le sable, elles sont difficiles à établir mais se maintiennent indéfiniment.

M. Denil explique clairement ces phénomènes par la déclivité de l'axe hydrologique, à la suite de la construction de la tranchée et par la densité diverse qu'ont les terres imprégnées d'eaux et les terres supérieures. D'où il conclut que, pour éviter les éboulements, il faut modifier l'axe hydrologique.

M. Denil dit que nous avons une application économique de ce principe dans la tranchée de St.-Nicolas à Houdeng-Goegnies, admirable par les résultats obtenus.

Mais qu'il nous soit permis de dire qu'il y eut une longue période de temps, pendant laquelle, pour empêcher les éboulements des tranchées des chemins de fer on suivit les règles de Bruère. Il eut, malgré ses mérites, le tort d'exclure et de combattre les drainages et de ne les admettre que, par exception, et seulement dans le cas où les terrains étaient compressibles sous le poids des remblais. En d'autres termes, il avait, sur ce point, des théories différentes de celles qu'enseigne maintenant l'hydrologie souterraine. Les premiers qui ont pressenti les théories actuelles, qu'il me soit modestement permis de le dire, ce furent les ingénieurs italiens. Ils le firent lorsqu'ils eurent à consolider les grandes et hautes tranchées et les remblais des chemins de fer de la Sicile. Leurs travaux sont maintenant le thème de théories scientifiques qu'enseignent les écoles.

Alors même que le niveau de flottaison du canal serait supérieur à la nappe souterraine ou que la digue serait en remblais, les eaux du canal s'infiltreraient toujours dans les eaux souterraines.

M. l'ingénieur Denil a construit un *Infiltromètre* pour déterminer, dans les biefs, les pertes d'eau par infiltration ou par évaporation. Cet instrument sert aussi de *pluviomètre*. A la suite de ses expériences, il a constaté que les pertes, par infiltra-

tion, dans un canal d'une dimension égale à ceux qui existent en France et en Belgique, se peuvent réduire à 154 litres par mètre courant pendant 24 heures.

M. Denil examine le gonflement que produisent les infiltrations du canal supérieur dans les nappes aquifères et les éboulements qu'elles produisent dans les berges des rivières ou des ruisseaux où ces eaux débordent. Il démontre que les digues étanches et stables des canaux sont celles dont les éléments sont rangés par ordre de perméabilité croissante quand on descend verticalement du fond du canal à l'intérieur du sol naturel. Et pour confirmer ce principe, il cite le drainage exécuté par l'ingénieur Hirsch dans les talus d'aval des digues de terre des réservoirs. On pourrait aussi mentionner des drainages semblables, exécutés longtemps avant, dans les hauts remblais, en Sicile.

L'ingénieur Denil termine son rapport en examinant en détail les dommages que les infiltrations peuvent produire dans les mines quand elles sont sous les canaux ou à proximité.

Et puisqu'il est de toute évidence que l'*hydrologie souterraine* est non seulement importante mais nécessaire, le Congrès doit émettre le vœu que l'étude de cette science soit cultivée chaque jour davantage.

Rome, juin 1905.

PAUL EMILE DE SANCTIS.

UNIVERSITY OF ILLINOIS
PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
5. Communication

STUDY
of the effects produced by the cutting of navigable canals
ON THE UNDERGROUND WATER SYSTEMS

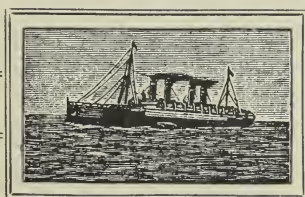
REPORT

BY

G. DENIL

Chief Engineer of Bridges and Roads

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS
PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

INFLUENCE

OF

Canals on the Domain of the Underground Waters ⁽¹⁾

REPORT

BY

M. G. DENIL

Ch ef Engineer of Bridges and Roads

From the hydrological point of view canals may be looked upon as liquid ribands of small thickness and moderate breadth rolled out over stretches miles in length and cut into stationary reaches.

The canals are generally situated in the hollows of the valleys along their feeding and guiding rivers. They possess an organic inflexibility which prevents their accommodating themselves to the inequalities of the surface of the ground.

The horizontality of the long reaches as compared with the slope of the ground through the valley, the necessity of adopting considerable descents for the locks in order to restrict their number, and the requisite shortening and rectifying of the windings of the natural track, combine to make the canals rise above or sink beneath the surface of the ground.

Within the region of the water-shed the difficulties of the water-supply often entail a lowering of the water-level considerably below that of the ground.

On the other hand the designers of recently constructed canals have emancipated themselves from the necessity of following given hydrographical conditions, step by step. The canal from Dortmund to the Ems, for instance, contains a splendid reach 67 kilometres in length raised above the valleys of the Emscher, Lippe, and Stever, which it crosses by means of noble canal-bridges borne by bold sloping embankments. In Belgium the adoption of hydraulic lifts has made it possible to avoid an obstacle — the coal-mines of Bois-du-Luc — by the bold diver-

(1) This is only an outline of a study, which the author proposes further to develop in the form of a memoir.

sion of a canal along the neighbouring hills. Finally, on account of the new requirements of navigation and of the growing obstruction of the valleys, in which the available space is today occupied by roads and railways, as also of the complication caused by industrial and other agglomerations, the navigable waterways of the future will be straighter in their course and freer in their direction, and will emancipate themselves more and more from the configuration of the ground. Earthworks of considerable extent will be admissible in their construction, and very extensive alterations in the surface of the ground will be required.

Now the configuration of the surface of the soil corresponds with a state of stable equilibrium of the forces which act on the ground. Every alteration of its form corresponds with a destruction of the equilibrium, that is to say, with a disturbance introduced into the conditions of telluric phenomena.

The most important of these phenomena, viz. that of the circulation of the subterranean waters, is modified in a radical manner by the establishment of a canal, and this not only on account of the magnitude of the earthworks, but also by reason of the creation of long reservoirs in the form of the various reaches, which are apt in a certain degree either to drain or to feed the subterranean reserves.

The object of the present paper is to furnish an analytical statement in regard to the disturbances introduced into the domain of the subterranean waters by the establishment of navigation canals, and briefly to consider the resulting consequences, from the point of view of the conservation of the works, no less than of that of a rational appreciation of the disturbances themselves.

Earths.

Apart from the ancient rocks, bare and fissured, which have to be completely isolated from the navigable waterway by an intermediary covering, the superficial strata of the ground belong to more recent epochs, and with them the canal-designer generally finds himself in conflict, classing together under the vague heading of « Earths » the clays, sands, and gravels, mixed in various proportions, the particles of which are individually distinct.

The relative importance of earthworks is great. Even on canal-sections that are rich in engineering structures, the cost

of the earthwork is rarely exceeded by that of the masonry (1).

Now if the mortars, cements, and metals be submitted to searching tests, and if the stone and steelwork be rationally applied, the latter does not even cost as much as the earthwork. The material of the earthwork is not even clearly defined. It is spoken of empirically as soft clay, sandy earth, and earthy sand. Clay is credited with an impermeability which it by no means possesses. No more is known in each case that has to be dealt with, than how to trace the profile of a cutting which will maintain itself. A prudent engineer, who has perhaps suffered bitter disappointments, will never design an embankment without allowing for an exaggerated reserve of strength.

It would be desirable, we think, to test the earths and to determine their specific properties before using them. For this it would suffice to submit them to a series of tests, such as a physical analysis, a sorting of their constituent pieces according to their sizes, a microscopic analysis, various mechanical tests, &c. These tests (2) repeated on the products of the borings made for intended cuttings, would serve to shew the quality of the materials of earthwork constructions.

The properties of these materials depend on the forms and dimensions of their constituent parts. These, in the case of the clays, are so small (a fraction of a micromillimetre) that the constituent particles remain invisible when examined by the ordinary magnifying glasses. The elements of the clay appear to take the form of crystalline shells that are able to furnish the largest surface of contact that is possible for a limited quantity of matter, and this would have the effect of causing the particles to adhere together amongst themselves, and consequently to have the greatest possible cohesion. This is not the case with sand, even when of such consistency that it is soft to the touch, like fine clay. A sand of this kind is quartzzy and contains polyhedron-shaped grains, the three dimensions of which are observable. The contact of these, one with another, is imperfect and the cohesion limited. These sands constitute the common earths called « soft clays », which, from the point of view of resistance on a slope, possess the distinctive properties of the true clays. These latter when dried and reduced by mechanical

(1) In an abstract in regard to the fourth section of the Canal du Centre (in Agglomération Industrielle) the relative cost is given at: — expropriation 46 %, masonry and sundries 28 %, earthwork 20 %, and metals 6 %.

(2) To save room we content ourselves with a simple allusion to these.

means to the form of meal, acquire an apparent volume considerably in excess of the aggregate dry matter. The thin clayey particles buttress one another. They may form groupings of various density, the most stable of which is that having the greatest apparent density. The dense grouping together takes place spontaneously when the clay, or generally speaking, the earth has been soaked and then submitted to a process of desiccation. Under these conditions the capillary menisci retreat to the interior of the mass, successively exercising considerable attraction on the earthy particles. These particles then begin to glide and insert themselves one within the other, till they occupy the least space possible.

The earths, before being disturbed by our hands, are apparently of considerable density. It is not easy, however, exactly to verify this density. Moreover the figures given by some writers as to the specific gravity of undisturbed earths, cannot be accepted without reserve if they amount to less than about two, when account is taken of the subsoil water, which is always present.

The equivalent specific gravity of the matter, when dry, amounts to 1.71 : the vacant space in it to about 35 %. Finally the density of the constituent elements is at least 2.65. In the zone near the surface of the ground a part of the earth that contains about the least amount of vacant space, is filled with a special kind of air, that is rich in carbonic acid and goes by the name of telluric air.

The effect produced by earth-work operations is that of a mechanical loosening of the earths, which during periods of dryness causes them to lose a part of their subsoil water, and more particularly to introduce a quantity of atmospheric air into the mass.

The latter shews itself in puddled embankments. The mangled earths rise on the far side of the heap like an elastic mattress. The gas which for the time being is shut in, offers the most stubborn resistance to the stamping down and complete working in of the excavated material. The action of time has its way in the end. The air slowly dissolves itself in the day waters. But the banks of earth, even though carefully constructed of chosen earths, gradually settle. It cannot be ascertained that the settling of embankments has definitely ceased, even after they have had 20 years of rest.

The very fine earthy particles, left to the action of gravity, settle down in water, as in air, to the grouping of least density

in the form of soft quartzzy or clayey mud ooze. At the bottom of the water there is no force present tending to condense the inconsistent masses and to give them cohesion by the attraction of the particles. The mud remains soft for an indefinite time, provided evaporation has not intervened to make it emerge from the water. It is still more affected by disturbances to the surface of the water, or by any other kind of mechanical action, such as, for instance, that caused by the poles of the bargemen, which deranges the dense grouping of the particles. A re-arrangement of the structure under water cannot take place, and the good earths, originally close and solid in their structure, are transformed, without resisting, into flowing mud.

All these phenomena, and especially those of shrinkage, are evidently to be explained by the absolute smallness of the particles. It is no less true, that even a bank of gravel that is insensible to the superficial capillary action of the escaping water, is liable to enormous shrinkage under the weight of a road roller.

Subsoil Waters.

At a few centimetres below the surface, the earths, like all the rocks, are impregnated with water. This water proceeds from above-ground sources, especially from the rains, a considerable proportion of which, amounting to from 20 to 25 per cent of the annual fall, is absorbed. This water is retained by capillary action and can only be dissipated by evaporation ; its subordination to the action of gravity to a certain extent ceases. But capillary actions are limited to the values which depend on the absolute size of the voids, pores, or interstitial spaces, which separate the earthy particles. Their influence extends only to a vertical height fixed by a clearly defined law. This height once exceeded, gravity resumes its rights.

If an experimental boring be undertaken, the products taken from the hole as it advances, while remaining firm and compact, shew themselves more and more impregnated with quarry-water. Finally, when the hole attains a considerable depth, its lower part fills with water. The law as to vessels in communication with each other, produces its ordinary effects. The water remains at a fixed level, which is unaffected by pumping operations, at least when the subterranean waters are allowed the time slowly to flow in and fill up the empty space. This

level which is subject only to small diurnal, seasonable, and annual variations, is that of the « phreatic » or underground water level. It represents the dividing level below which the waters begin, in bulk, to obey the ordinary laws of gravity.

There is a temptation to the belief that this level remains constant over large extents of country. If, however, numerous additional holes be bored, it may be observed that the levels obtained, differ considerably. They correspond with a particular surface, which might be represented in relief like the topographic surface of the country, i. e. by undulation curves. These are called hydroïsohypsals. The subterranean reservoir does not indeed form a lake with a steady horizontal surface, but a mass flowing in a certain direction which is governed by the trend of the greatest slope of the surface. This direction is that taken by the feeders or underground water-courses flowing along the lines of infiltration running from outcrops of porous strata in the less permeable ground at the surface, or from the beds of rivers occupying the bottoms of valleys.

It would seem, then, that apart from the general slope of the underground level, which in general follows the slope of the surface, an agreement between the accidental features of the ground above and the hydraulic axis of the underground water-level is not necessary. This axis, like that of a free-current, seems to depend on the conditions of slope of the ground, these being altimetric conditions of the outcrop and of the subterranean bed. The latter is composed of an infinite number of capillary or pseudo-capillary channels offering an enormous resistance to the movement of the waters and engendering, by reason of the considerable slopes of the ground, speeds of a very low order, say of a few metres, a few centimetres, or even less, in the 24 hours.

In reality the similarity between the profile of the surface and that of the underground water-level, is still closer. The ground reserves are fed by the rains of wet and of cold seasons. The surface evaporation and the consumption of moisture by the vegetation are effected at the expense of the underground water-bearing stratum, particularly in Summer. This evaporation may in a certain sense be looked on as an exudation of considerable extent, the effect of which is the more appreciable the more closely the underground water-level approaches to the ground above. A local depression of the ground can, however, increase the evaporation and cause a corresponding de-

pression of the underground water-level. These depressions, also, necessarily fill themselves during the season of surface supply.

The forces which act on the waters imprisoned in the ground and which govern the forms of the waterbearing strata, are gravity counteracted by the varying friction due to filtration, and evaporation, which is a function of the distance between the underground water-level and the surface.

Subterranean Hydraulics is the science which concerns itself with the mathematical study of underground currents. It, in truth, scarcely enables a sure forecaste to be made as to the modifications which may be introduced into a system of drainage by the establishment of a well, of a main drain, or of a trench, on account of the impossibility of determining the nature of the generally heterogeneous sub-soil. The study, however, is an indispensable one. We may now briefly sketch the principles involved, and then restrict their application to the interesting case afforded by the special technics of canals.

Subterranean Hydraulics.

Principles of Filtration. — The law governing the flow of water in a pipe attached to a cistern, is expressed in the ordinary manner by the equation $Z = \frac{u^2}{2g} + \frac{\alpha}{\omega} l \varphi u$ (1), in which φu takes the form $\mu u = a u + b u^2$ (Prony's formula).

For the conduits of considerable diameter dealt with in ordinary hydraulics, the velocity assumes such values that $a u$ may before $b u^2$ be neglected. When the tube is capillary the velocity is sufficiently low to admit of the terms in which u^2 occurs being neglected before the term containing u , and the formula takes the form

$$u = c - (\text{Poiseuille's law}),$$

c being a constant.

This statement explains the distinction which obtains between the ordinary laws of hydraulics and those of subterranean hydraulics. The subterranean phenomena are practically the capillary phenomena following Poiseuille's law on a large scale.

(1) Z = the mean hydraulic depth; u , the velocity; α , the wet perimeter; ω , the transverse section; g , the acceleration of gravity; and φu , a function of the velocity. a and b are constants.

Filtration Column. (Fig. 1). — In applying this law to the filtration column surmounted at its two extremities by free water, we have $u = K \frac{\tilde{z}}{\tilde{l}}$. Of ω be taken to represent the gross sectional area of the column, the net section of the free passage being $\mu \omega$, we shall have for the value of the discharge $Q = K \mu \frac{\tilde{z}}{\tilde{l}} \omega$.

If the gross sectional area of the column be taken as the unit of surface, $Q = K \mu \frac{\tilde{z}}{\tilde{l}}$.

The proportion $\frac{\tilde{z}}{\tilde{l}}$ takes the name of the unit of filter-load. If the depth of cisterns of open water, forming the ends of the filter properly so-called, be equal to o and the filter be vertical. (Fig. 2), then $z = l$, $\frac{\tilde{z}}{\tilde{l}} = 1$, $u = K$, $Q = K \mu$.

The velocity of an unloaded vertical thread of water is, then, independent of the height of filtration. It depends only upon the nature of the filtering matter, which governs the value of the coefficient K .

Some experiments made by Kröber (*Zeitung des Vereines deutscher Ingenieure*, 1884), shewed that in a sand filter K varied from 0.00320 to 0.0146, when the mean diameter of the grains of sand varied between 0 millim. 54 and 1 millim. 35. For fine sand the dimensions of which vary from $1/4$ to $1/10$ of a millimetre, and which is mixed with a small quantity of clay Mr. C. Lembke has found K to be = 0.000167. For fine clayey earths experiments are awaiting. It is, moreover, impossible to reproduce experimentally the conditions of natural earths in place.

This coefficient, which gives expression to the proportion borne by the clear sectional area of the watercourse to the gross sectional area of the filter, will hardly be found to vary with the nature of the filtering earth. A mean value of 0.250 may be assumed for it.

Canal on a drained embankment. (Fig. 3). — Let us imagine a canal established on a homogeneous embankment relatively pervious. The filtration waters are collected and removed from the embankment by the help of a continuously draining bed.

An embankment of this kind cannot be likened to a vertical filter, because the flow in the filtering mass is not forced; the atmospheric air has lateral access to it. The free flow is mo-

dified by the presence of solid particles, along which the water stretches itself out in hollow columns, in exactly the same manner as the rain water which supplies the underground water-system. All that can here be claimed is, that by virtue of the general law, phenomena of the kind in question have the tendency to choose that path, among several, which is attended with the smallest dissipation of energy. The molecules of water descend, following the vertical direction which corresponds with the maximum of initial load.

Dyke placed on ground that is practically impermeable (Fig. 4). — In a dyke of this kind the filtration can only take place laterally. Let us imagine the natural ground horizontal and impermeable. The dykes are each flanked by a ditch, in which the filtration waters are retained. Let us try and determine, if possible, the discharge of the dyke and the shape of the surface of the water region. We already know that the discharge will be independent of the height of the embankment, because the feed is effected, as in the case of the drained embankment discussed above, by the free flow of water above the underground level. The region immediately below the basin of the channel will be fed continuously. We must not, however, deceive ourselves as to the value of this feed, nor as to the speed with which it takes place.

In the case of a watertight channel constructed with proper care the losses due to infiltration scarcely exceed 400 litres per running metre of the length of the canal in the 24 hours for a breadth of water-section of 20 metres, corresponding with a horizontal layer of 2 centimetres in thickness per day. This gives a speed of vertical flow into the ground of 8 centimetres in 24 hours, or of 3 millimetres per hour.

Let us consider what happens in the trench in relation to the unit of length.

Returning to Fig. 4 we have $Q = \omega u = \mu z \times 1 \times u$. Now in a lateral filter we have $u = K \times$ the initial load, or $u = K \frac{dz}{ds}$.

Hence $Q = K \mu z \frac{dz}{ds}$, or $Q ds = K \mu z dz$, which is exactly the differential equation of the hydrological axis formed by the canal.

Approximate Equation. — As a first approximation we may integrate by replacing ds by dx . The equation then becomes

$Q dx = K \mu z dz$, which, integrated, becomes $2 Q x = K \mu (z^2 h^2) (1)$. This is the equation of a parabola.

The curve will rise with the discharge, i. e. with the looseness of the filter above, the height of water in the canal and the breadth of the basin. One value of the equation would correspond with the case in which the curve ends at the same angle as the surface of the water (Fig. 5). This value would be given by Equation (1) if x were made $= L$, and $z = H$. We then obtain $Q = K \mu \left(\frac{H^2 h^2}{2 L} \right)$.

On the substitution of this value of Q in Equation (1), the coefficients k and u , which express the material of the dyke, disappear and Equation (1) becomes $z^2 = h^2 + \frac{H^2 h^2}{2 L} x$.

We have assumed that the value of h , which represents the height of the water in the side ditch, is sufficient to allow for the filtration of being effectual up to such height. It is evident that h cannot become equal to o , for the water would have to escape from the dyke with a velocity infinitely great in order to give a complete discharge with a section equal to o . In the absence of a ditch with a sufficient depth of water, we could limit, as Mr. Brouhon has done in this Well Theory (1), the initial load of the section of outflow $\frac{dz}{ds}$ to unity, which brings us back to the calculation of the inclination of the last element of the hydrological axis. This value represents a provisionally assumed extreme limit. On applying this value to the exact differential equation we get $h = \frac{Q}{K \mu}$. Introducing this value into the equation of the underground water-level limit, we get.

$$2 L Q + \frac{Q^2}{K \mu} - K \mu H^2 = 0, \text{ or } Q = K \mu \left(-L + \sqrt{H^2 + L^2} \right)$$

A graphic construction may without difficulty be made, of the length $O X$ (value of the parenthesis). We have $Q = K \mu \times O X$ and $h = \frac{Q}{K \mu} = O X$.

The diagram Fig. 7 gives the curve of the discharge limits corresponding with different heights of dyke. These limits could only be attained by the increase of the losses of water in the desired proportion.

(1) See BROUHON. *Annales des Travaux publics de Belgique*.

Exact differential. — The parabolic form of the water-level is only an approximation. In the particular case with which we are dealing, the integration of the fundamental equation is possible. It gives : —

$$\frac{Q}{K \mu} x = \frac{z}{2} \sqrt{z^2 - \frac{Q^2}{K^2 \mu^2}} + \frac{Q^2}{2 K^2 \mu^2} \left[\ln \left(z + \sqrt{z^2 - \frac{Q^2}{K^2 \mu^2}} \right) - \ln \frac{Q}{K \mu} \right]$$

Q being known, it will then be possible, if not practicable, to determine points in the exact profile of the water-bearing stratum.

The Trench. — Let us consider the case of a trench that is dug in permeable ground. It will address an energetic appeal to the waters of the soil at its sides and the conditions affecting these will be modified over a zone of considerable extent. The influence of the trench on the previously existing underground water-level will not be immediately felt. The waters will have to modify the direction of their flow by degrees, and the earths to discharge their moisture into the free air, while the original underground level will have to lower itself. Let us assume that, after a given period of considerable length has elapsed, permanent conditions have become established and that the underground profile of the water-bearing stratum has taken the form shewn in Fig. 8. To simplify matters, let us assume the profile of the previously existing water-level to have been horizontal and that L is the length of the sphere of influence of the trench. Let h be the height of filtration in the slope and Q the discharge of the trench. Let us assume further, that the bottom of the trench marks the limit of the permeable ground.

The water-bearing region is fed by the waters brought by the rains. This continued feed has a mean value per second and per superficial square meter = ε .

This value can be assumed equal to

$$\frac{4 \text{ m}^3 \text{ 000}}{10000 \times 86400} = 0.0000000463.$$

It is evident that $Q = L \varepsilon$, or $L = \frac{Q}{\varepsilon}$.

The discharge diminishes in proportion as the length of the axis x is increased, and we obtain

$$Q = z \mu \times 1 \times \omega = (L - x) \varepsilon; \omega = K \frac{dz}{ds}.$$

Then finally $K \mu \varepsilon \frac{dz}{ds} = (L - x) \varepsilon$. This, then is the

exact differential equation of the hydrological axis of the water-level of an underground water-bearing region that receives continuous alimentation.

By integrating the approximate equation obtained by the substitution of dx for ds we obtain : —

$$K \mu (z^2 - h^2) = 2 \varepsilon L x - \varepsilon x^2, \text{ or } z^2 h^2 = \frac{\varepsilon}{K \mu} 2 L x - x^2).$$

$$L = \frac{Q}{\varepsilon}, Q = K \mu H \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon + K \mu}}, h = \frac{Q}{K \mu}$$

These relations suffice for the solution of ordinary problems. We may observe, that we have as yet only reached a result that varies considerably from the reality. Our formulæ are related to the hypothesis of perpetual motion. In reality the alimentation of the water-bearing underground region is of an essentially discontinuous nature. It comes into play with every rainfall, occasioning a rising of the underground water-level or sudden swelling of the subterranean hydrological axes. These variations of level have further an injurious influence on the capabilities of resistance of the trenches. We have before us a complex phenomenon of varying movement, which moreover is analogous to the case of a free-flowing river.

But the interest of these researches consists solely in what they are able to foretell, to point to, and to explain, in regard to certain ill-defined phenomena of daily practice in the construction of canals. From this point of view it has been considered of advantage to trace (in Fig. 9) the hydrological axes relating to the same trench when subject to certain given conditions, but under the assumption of certain extreme limits for the values of the coefficient k , for sand. These are taken at $k = 0.0146$ and at $k = 0.000167$.

It will be seen that the *effect of the fineness of the earthy particles* that is to say, of the impermeability of the soil, is to stiffen and incline the hydrological axes of the trench in the outward direction.

Influence of the Canals on the Water-bearing Strata.

Hydrological Map. — If it be desired, scientifically to determine the effect exercised on the underground system by the establishment of a canal, to ascertain the alimentary contribution which could be required of the soil itself, to render an

exact account of the conditions of establishment of the trenches, to form an idea as to the effects produced at a distance in lessening the supplies of wells, ponds, and pools, in short as to the effects of the artificial surface alimentation of the underground level in the embanked ground, every design for an artificial waterway will have to be accompanied by a geological and hydrological exposition containing, above all things, a *hydrological* map of the region to be traversed.

This map will contain the hydroïsohypsals curves. It will extend as far as the drainage outlet from the water-bearing strata, that is to say, in most cases, as far as the stream which flows down into the neighbouring valley. The curves will be set off by the help of ordinates corresponding in position with the transverse borings, in which the levels of the subterranean waters will be determined. These charts will serve as bases for valuable experimental researches in regard to the influence likely to be exercised by the canal on the underground waters.

From a legal point of view these constitute invaluable documents. The particulars which they contain often afford proof as to the condition of the various places before the construction of the canal, which it would otherwise be impossible to determine, except by means of doubtful evidence. The maps could contain particulars as to the thickness of the water-bearing stratum. This thickness corresponds with the limit of depth beyond which the discharge from a bore-hole does not further increase.

Independently of the upper level of the waterlogged ground and of the direction (1) of subterranean flow shewn by the hydrological map, the attentive study of the latter throws light on the conditions of the subsurface stratum, that are usually ignored. Every considerable depression found to exist and indicated by the curves, shews a loss or disappearance, whether caused by evaporation or by a fissure or crevice in the rocky subsoil. On the other hand every local swelling shewn, would represent an exceptional alimentation due to imprisoned water in a lower stratum discharging itself upwards through some opening. Even the forms of the fissures would be recorded on the plan by the graphically delineated form of the water-bearing stratum running parallel with the surface.

(1) The direction here referred to, is that of the greatest cleavage of the water-bearing stratum, it is, we may say, the direction normal to the hydroïsohypsals curves.

Definition of the Influence of the Canals. — The normal hydrological phenomena are the *transverse phenomena*. They develop in the section across the drain which is generally represented by a free current collecting all the surface and underground waters of the valley. The canals which generally run parallel with this direction can then themselves only exercise a transverse influence. The troubles which they are able to inflict on the water-bearing stratum, do not react in the longitudinal direction.

This transverse localisation of the subterranean phenomena is illustrated in a telling manner by the ascertained possibility of establishing rows of ponds of subterranean water in deep networks of drainage, even in the midst of a very permeable sandy soil, the ponds being kept apart from each other (1) by means of dams of moderate length.

It may be taken as proved, that the disturbances produced by the canals in the region of the subterranean waters, are localised transversally, and that they do not react in the longitudinal direction.

Line of Floatation below the Waterlevel of the Waterbearing Stratum. — The line of floatation of a canal may be either below or above the pre-existing water-level of the water-bearing stratum. Let us consider the case in which the former line is the lower of the two.

Under these conditions the canal will be fed by the outer part of the water-bearing stratum. The feed will be an abundant one if the ground is very permeable, but in this case the canal will cause the existing underground level to be considerably lowered, and may further occasion a fall in the levels of the wells, ponds, and pools lying within a considerable distance of it. A notable instance of this occurred below No. 4 Lock at Obourg, where the basin dug in the chalk has been subjected to rises in level equivalent to increases in cubic content of approximately 9500 cubic metres in a day, when the canal is discharged.

When the canal is at its normal level, the discharge diminishes, but in all cases the latter represents an important contribution to the alimentation of the lower reaches of the canal.

(1) Notably in the forest of Soignes, in the network for the water-supply of Brussels. — See the communication : *Les eaux à Bruxelles*, 1902, by Mr PUTSEYS, engineer in chief.

This reserve has made it possible, at least in the meantime, to give up the collecting ponds proposed to be instituted at Obrechœul.

If the ground be of small permeability, as in the case of the pseudo-clays and clayey loams, the influence of the canal is not felt even at a very short distance from deep trenches. We have had opportunities of observing the case, notably at the Saint Nicolas trench at Houdeng-Gœgnies, in which wells have remained full to their edges, and have not been subjected to any appreciable draining influence, at the top of a trench of 17 metres in depth, when their distance from the crest of the slope did not exceed 15 metres.

In earths of this kind the canal may be said to exercise only a limited influence on the region of the subterranean waters. This region then, as if dormant, is influenced more by the factor of the superficial evaporation of the soil than by that of gravity.

In these two cases the influence of the subterranean waters on the stability of the trenches preponderates, and often menaces the existence of the navigable waterway.

Influence of the Subterranean Waters on Trenches of Slight Permeability. — Clay possesses a cohesion equal to that of many of the softer rocks. But the heavy plastic clay consisting of silicate of alumina, which we may call the true clay, is rare. Moreover, when a trench is dug in it, it shews the drawbacks appertaining to the fine earths that are generally called clays, and which may be loams or various mixtures of clay and very fine sand. These trenches, in accordance with the rules of subterranean hydraulics, lower the underground water-level and incline the new hydraulic axis considerably in the direction of the empty trench. From this time forward the mass of earth finds itself under abnormal conditions.

It might be supposed that the mere existence of the water-bearing stratum would dilute the earths and destroy their consistency. This is by no means the case. A deep trench may be dug 7 or 8 metres into the pre-existing water-bearing stratum without, in the course of its construction, giving visible signs of moisture. The earth possesses the cohesion and the solidity of the better kinds of soft ground. The water held in suspension to the limit of saturation between the fine particles, does not shew itself. If the earthworks are constructed during a dry period, the evaporation will prevent any leakage from

shewing itself in the slopes, and the bottom will be reached without a resort having to be made to pumping, even in the midst of a subterranean water-bearing region of considerable depth. But if towards evening a shallow hole be made in the surface of the slope, the next morning will find it full of leakage-water.

Landslips. — According to the almost universal opinion of designers, the flow of the subterranean water cannot have the effect of diminishing the cohesion of the mass of earth. The phenomenon of landslip is of a different order. It is caused by the inclined form of the subterranean hydrological axis at its entrance into the trenches dug in the clay. It should be noted, indeed, that the lower particles, which are submerged in the water, experience a fall in their density from 2.65 to 1.65, while the density of the particles below the underground water-level preserve their proper value of 2.65. The whole mass is then divided into two parts — an *upper one* composed of particles of high density, and a *lower one* containing particles of reduced density. Further the line of demarcation of the two masses is inclined at a considerable angle towards the trench. Now, in the course of a fresh investigation, pursued in accordance with a rigorous and original method, on the thrust of powdery masses Mr. J. Massau (1) has shewn, that « when the slope of the waterbearing bed becomes rather considerable, the surfaces of slip are found to be very slightly inclined, and to lie in an approximately horizontal plane : it is then impossible to make a trench. » Now if our trenches are not dug in the midst of powdery masses, and the earths of which they are composed are, as regards cohesion, more like undisturbed rocks, the fact that hydrological axes of very great inclination are found to belong to the most clayey trenches, will clearly explain the tendency of these trenches to landslips. The accidental cause, again, which sets the slip in motion, is a phenomenon connected with the rise of the subterranean waters, occasioned by an unusually copious alimentation of the water-bearing stratum, due to rainfall.

The application, then, of the principles of hydrology to the establishment of canals will enable due account to be taken of

(1) See *Mémoire sur l'intégration graphique*. Vol. III. First number (1904), of the *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand*, page 87.

the dangerous and precarious nature of trenches in the clay. It can also supply us with suitable protective measures.

Protection of the Saint Nicolas Trench at Houdeng-Gœgnies.
— If the admission be made, that the landslips are due to the nature of the hydrological axes belonging to the slipping masses and it be desired to construct the trenches in a rational manner, the best course to be taken will be to modify the subterranean hydrological axes in the masses that are in danger of being set in motion, which may be effected by the easing of the excessive slopes of the water-bearing stratum by judicious drainage.

An economical application of this principle has been made use of by ourselves in connection with the Saint-Nicolas trench at Houdeng-Gœgnies. Figures 10 and 11 shew the longitudinal and transverse sections of the trench. It was dug entirely in a thick bed of quaternary loam, in which several varieties of material were arranged more or less in tiers in the order of the increasing impermeability.

A water-bearing stratum had previously existed in the mass, the current of which, by reason of the fineness of the earthy constituents, was a slow one. The series of loams rested on a bed of non-waterbearing eocene green-sand, which was drained in the lateral direction by the valley of the Thiriau, which, in round numbers, flows past at 700 metres distance from the canal. Amongst the different varieties of loams thin discontinuous beds of gravel are met with, draining the earths of the trench in an uncertain manner and with considerable breaks. To an observer not previously acquainted with the circumstances these would, during the construction of the trench, have appeared to be dry. They were firm and hard, and it was difficult to cut them with the spade. Water showed itself on the declivity only during the heat of summer. It sunk down however to the water-bearing stratum previously existing, and on the arrival of Winter the infiltrations shewed themselves in the form of exudations diffused at the level of the towing-path.

In the spring three important slips made their appearance, one of which, situated at the highest part of the trench, affected 2 444 m³ 425 of material. All the ordinary precautions had previously been taken, including the establishment of a complete network of stone-work ditches and steps, and attention to and immediate drainage of visible exudations.

The principle adopted for the works of protection, after the

occurrence of land-slips, was that of drainage by vertical wells set at distances of 10 metres apart, from axis to axis, in the high parts of the trench, and at distances of 20 metres towards the ends. These wells were sunk down to the lower sand, and carried 0 m. 80 below the level. They were lined with straw placed directly against the earths, and then with cinders and rubble. If we refer to the water-bearing stratum, shewn in Fig. 1, as the cause of the landslide, the establishment of a well, such as that marked XX, has sunk into this water-bearing stratum, lowered as it is by the trench, a drainage cone, which by considerably diminishing the feed of the part of the stratum which influences the slope, has the effect of lowering it. To sum up, the constant line *sss* of the hydrological strata takes the place of the variable line III, which had previously taken the place of the line *PP*, and which bore reference to the conditions existing before the trench was made. The heavy masses of drained soil are, in a manner, anchored in the lower soil, the density of which has been diminished.

The bore-holes put down midway between the axes of the wells (see Fig. 13) have shewn a total lowering of the level to the amount of 4 m. 50. This lowering took place in about 40 days.

The efficacy of these arrangements was complete. Since their completion in the Summer of 1901 no further movement has shewn itself in the trench, and the discharge from the earlier drains has been diminished to a considerable extent.

The depths of the wells vary from 8 m. 42 to 20 m. 45. Fifty three wells have been established in all, at a cost of 14,597 fr. 86, for the protection of 460 m. 70 of trench. This brings the price of the protection to 31 fr. 69 per running metre of the two banks.

The existence of a bed of drained sand under the clayey mass constitutes a circumstance that is favourable to the application of the system. Its economy, however, and the manifold advantages which attach to it, notably the independence of the drainage works and the facility with which their number can be increased as the need arises, appear such as to render the adoption of the system desirable in most cases of trenches in the clay, even though it may be necessary to connect the wells together by a longitudinal collecting-gallery. In difficult ground these wells could be sunk to a smaller bore.

Figs. 10 to 14 refer to the protection of the trench of Saint Nicolas. In connection with Fig. 14 it may be observed, that it has been adapted to existing conditions, so as to allow of the escape of the confined air.

Trench in Sand. — To continue, it may be observed, that trenches in clay are easy to make, but difficult to maintain. The trenches in sand, on the other hand, are difficult, when not impossible, to make, but they remain intact for an indefinite time, when once successfully completed. They are indeed characterized by their *permanent* hydrological axes, which are almost horizontal and are stable. Only during the progress of the earthwork do the transitory axes, which lie at considerable inclinations and are therefore dangerous, shew themselves in the but slightly cohering mass. These axes correspond with the period of the emptying of the drained furrow.

The work of lowering the underground water-level ought to precede the digging of trenches in a water-bearing stratum of sand.

Line of Floatation above the Water-level of the water-bearing Stratum. — If the canal level overhangs that of the pre-existent water-bearing stratum, the latter will be fed by the canal. This alimentation cannot become a source of anxiety or inconvenience.

Losses by Infiltration. — The lower limit of the losses by infiltration of an old canal that is considerably silted up, is fixed by Mr. de Mas (*Cours de navigation — Canaux*, page 259, Paris 1904) for canals of the French type (with depth of water = 2 m. 20, and width of water-surface = 10 to 20 metres), at 500 litres per running metre per day. Our own experience would lead us to reduce this figure by 50 per cent for reaches that are well looked after, the banks of which are composed of earths of good quality and puddled tight by mechanical means. Thus the reach of La Louvière at Houdeng (2,265 metres in length) has lost (as a mean of 6 different observations) a layer of 7.2 mm. in the 24 hours from a depth of water of 2 m. 40.

It has banks rising to about 13 m. 20 above the natural ground. The figure given corresponds with a loss of 154 litres per running metre of the canal per day. The reach of Bracquenies (length 1,383 metres) has lost on the average a layer of 8.4 mm. for the same depth of water (2 m. 40). This represents 231 litres per metre in the 24 hours.

Infiltrimeter. — In order to determine the losses of a canal-reach we make use of an infiltrimeter established to our instructions (See Fig. 15). This instrument consists of a cylindri-

cal reservoir made of stout zinc. Its cubic content is carefully ascertained, and it is immersed in the water of the canal and can be put in connection with the latter at will by means of a tap R. A vertical bronze tube T, finished at its lower end with a pointed cone, is put in contact, by filling, with the liquid in the reservoir, by means of a graduated gauge. The circular horizontal section of the reservoir is such, that one degree on the scale of the gauge, which may contain 5 cm^3 , corresponds with $1/10$ th. of a millimetre of height. The contact of the conical point T with the still liquid of the reservoir enables observations to be made with perfect success to almost $1/20$ of a millimetre. After this, it suffices to put the reservoir in communication with the canal at intervals of 24 hours, or, if the canal be put to work, after working hours. The tap R is then turned off to bring back the level of the canal to that marked by the tube T, in order exactly to determine the total loss of the reach. A measurement made during the same period with the reservoir closed, gives the algebraic difference of the loss by evaporation and the rainfall. A direct measurement made at the pluviometer gives the height of the rainfall. The different organic losses are then determined exactly for a single reach. As regards the loss by evaporation, it should be observed, that the water in the reservoir is immersed at the middle of the canal, and follows the variations of temperature of the latter. Three infiltrometers are distributed over the length of the reach.

Rising of the underground water-level. — Let us assume that an embanked canal feeds a water-bearing stratum, the pre-existing profile of which (in Fig. 16) is represented by O X. The effect of the canal after allowance has been made for leaks, is, as we have seen, to cause a continuous local feed to the water-bearing stratum. It may be looked upon, in a sense, as an artificial affluent introduced into the free current. Under these conditions the down-stream part of the subterranean hydrological axis will experience a rising in the shape of a supplementary discharge superimposed on the pre-existent discharge. As in the case of a free current, the velocities will increase, while at the same time the slopes will become greater. The phenomenon of the accentuation of the slopes of the hydrological axis explains the liability to slip of river banks that are in proximity to embanked canals.

With reference to the up-stream part of the subterranean hydrological axis, it experiences a rising, due, not to the increase

of the discharge, which has not varied, but to the reacting influence of the down-stream rising.

To recapitulate, the losses suffered by the canals take the direction of the old exudations of the pre-existing water-bearing strata. They increase the leakage of the beds of the rivulets in an insignificant proportion, which in the case of canals that are practically tight, is almost a fixed one, and may be set at $\frac{400 \text{ l}}{24 \times 3600}$ per second. This is equivalent to about 5 cubic centimetres of water per running metre of the leaking surface in the bed of the river. This contribution made by the canal suffers a reduction, due to the circumstance that the rising of the pre-existing underground water-level, in nearing the surface, has the effect of increasing the influence of the soil-evaporation factor. The phenomenon of alimentation is moreover essentially a transverse one. It is not increased by the effects of its action in the longitudinal direction of the valley in which the works are situated.

Dykes.

There are two elements which ought to be taken into consideration in a dyke — the active infiltration layer, the thickness of which may be reduced to the limit compatible with enduring preservation of the structure (Fig. 17). This bed of sandy or brick clay should be sufficiently impermeable to allow of the embankment being easily puddled. A pure clay will be difficult to puddle, and has a tendency to shrink, and thus cause dangerous fissures. It could not, moreover, be left dry in case of a stoppage of work. The second element of a dyke, is its lower part, which, according to hydrological ideas, ought to admit of a surbassement of water-bearing ground. That clays are impermeable, is a dangerous assumption to make. Their impermeability is compatible with the formation of dangerous hydrological axes. Finally, the third element, the natural disposition of the soil itself, has, as regards the existence of the dyke, an importance that is too little appreciated. A sub-soil permeable to a great depth, cannot but hinder the formation of all hydrological axes whatsoever, and remove the cause of landslips.

To recapitulate, tight and stable dykes are those, the elements of which are arranged in an order of increasing permeability

proceeding vertically downwards from the surface of the canal to the interior of the natural soil.

In the case of earthen dykes for reservoirs some engineers, including our French colleague Mr. Hirsch at Mittersheim, have not hesitated to drain the down-stream declivity of the dyke by means of counterfort drains. The object of the course of argument, which we have developed above, is simply the justification of this practice by the necessity which exists for the lowering of the water-bearing strata, either by the employment of permeable materials closely packed together, or by the formation of deep drains or filtration wells in the bodies of the dykes and in the subsoil forming their bed. The hydrological axes are thus removed towards the interior of the ground and slip-formations are avoided. We consider this idea to be a peculiarly pregnant one, and that, if applied with care, it is of a nature to increase the possibility of the carrying out of boldly conceived earthworks such as the canals of the future will no doubt require.

Injurious consequences.

In places where the underground water-level was previously close to the surface of the ground, as is generally the case at the bottoms of valleys, the raising of the pre-existing water-bearing strata, caused by the infiltrations of the canal, may transform meadows or arable land into marshes. The damage however may easily be repaired by means of surface drainage.

The proximity of deep quarries and the working out of the rocks occurring below the soil or within the zone influenced by the canal, is particularly dangerous for the constructors of the navigable waterways. The waters which collect in such quarries often proceed from true springs which draw their supplies from considerable depths. These springs are laid open by the withdrawal of the rock and the gradual deepening of the quarry. The drainage of water into the latter, does not follow any clearly-defined law. It depends upon a personal factor, viz. the will of the owner or lessee of the quarry. Now, if a navigable waterway is able to modify the primitive conditions of places, it will clearly be easy to attribute to it a considerable variation in the discharge of the springs in the quarry, which is caused by the working out of the beds of rock. We see, then, that it is possible to pretend to have a claim on the canal for the

defrayal of part of the cost of the pumping out of the quarry water, which in some cases reaches a considerable sum.

The direct proof of the alimentation of a deep quarry by a canal dug in the softer ground at the surface, is particularly difficult. We have said that the hydrological phenomenon discussed, was a transverse one. This transverse influence can easily be established at the outset. It is of a nature to appeal to the minds of judges and unbiassed professional men. It, however, brings down the part played by the normal influence of the canal to an insignificant figure. But it is always possible to pretend that the free subterranean currents, which characterise the hard fissured rocks, draw on the accumulated losses of the canal from a considerable distance, and that these losses are thus directed towards the quarry. These allegations, bold enough as regards their likelihood, have a fair chance of being accepted as correct, because the current hydrological notions are vague, indefinite, and empiric.

To sum up, the direct method of proof in a law case would seem to be :

To draw out in detail the hydrological plan of the surface of the region affected. This map will fix the area of the hydrological slopes trending towards the quarry and the length of the part of the canal which exerts an influence on these slopes. The rate and quantity of loss sustained by the canal being known, it is possible to fix topographically, the proportion due to the canal, of the amount of water pumped from the quarry.

If the figures thus ascertained shew the proportion to be equal to nothing, it would be possible, by several purely experimental methods, to establish this negative conclusion as follows :

1. By the colorimetric method, in which the navigable waterway is divided into reaches, or if possible into portions of reaches, and its waters are coloured by means of some very subtle substance such as fluorescene.

2. By the thermometric method. The waters of the canal are subject to considerable variations of temperature. These range, in our countries, from 0° in Winter to 25° in Summer. The waters of the subsoil are of a remarkably constant temperature amounting to from 10° to 11° . Any mixture which might take place with such an important ingredient as the waters of the canal, would characterise itself by annual thermometrical variations, the period of which would be reduced in accordance with the relative proportions of the mixture, and would present

a retardation as great as we could desire from the parallel variations of the temperature of the water of the canal.

3. By the method of weighing the fixed residue. The power of dissolution of the inorganic elements of the sub-soil is a direct function of the temperature of the filtering waters. The waters of the subsoil, warehoused at a constant temperature, have thus a power of dissolution of constant amount. Their fixed residue, at 110° , is a permanent factor in the case of a given spring. The fixed residue of the losses from the canal, the temperature of which varies from 0° to 25° , is subject to considerable variations. If the canal were to feed the quarry to any considerable extent, it would necessarily produce in the figure appertaining to the fixed residue of the waters of the quarry springs, annual variations of the same kind as those of the temperature of the canal.

This direct method seems to us sufficiently precise to verify the circumstance of the untimely alimentation of deep quarries by a neighbouring canal.

The object of this treatise was to study some interesting problems in connection with canal technics, and systematically to explain some hydrological truths, completing and specialising these as might prove necessary. The subject was wide and new and the space at command was strictly limited. Our ambition would be satisfied if our researches which are briefly summarised, should encourage others to follow in the same path.

Mons, December 31st., 1904.

GUSTAVE DENIL.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1903

I. Section : Inland Navigation
5. Communication

REPORT
BY
G. DENIL

PLATE I.

a retardation as great as we could desire from the parallel variations of the temperature of the water of the canal.

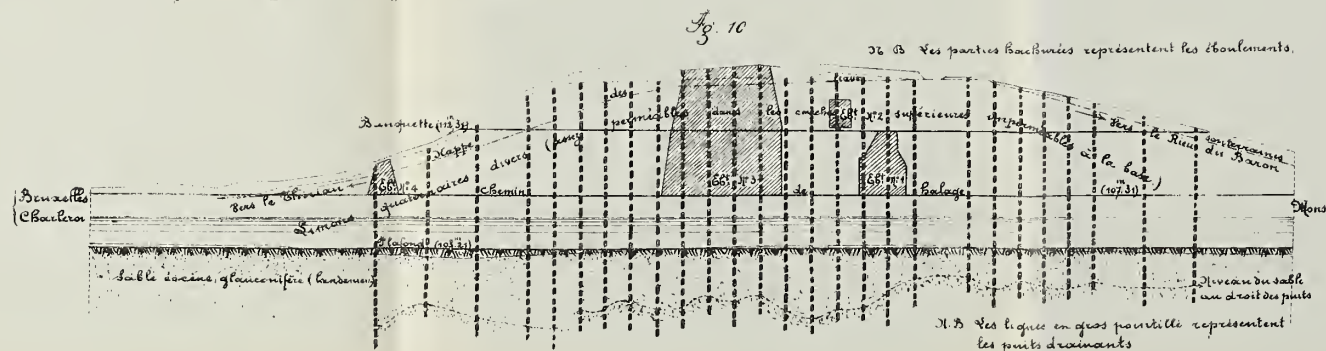
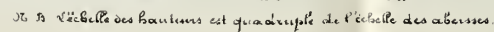
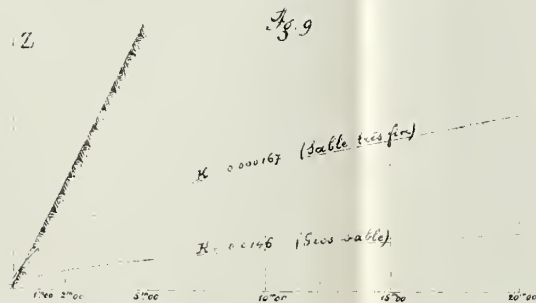
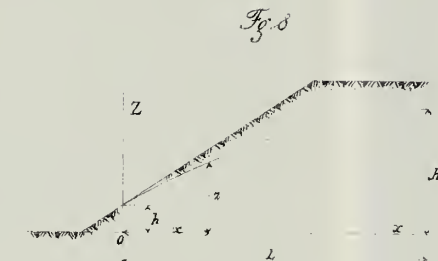
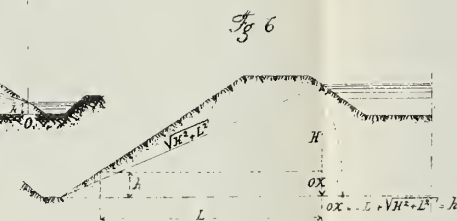
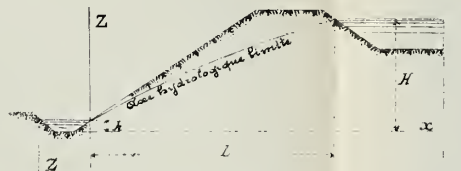
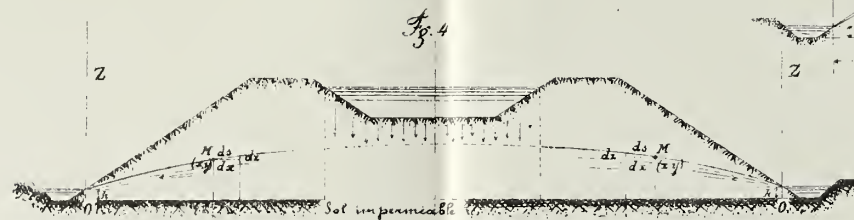
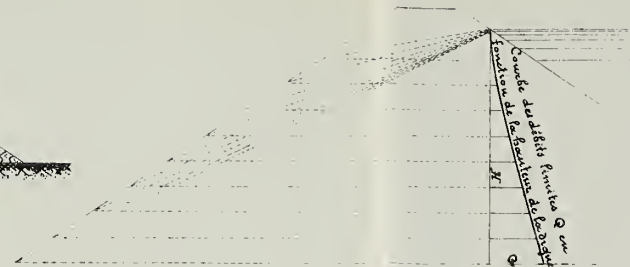
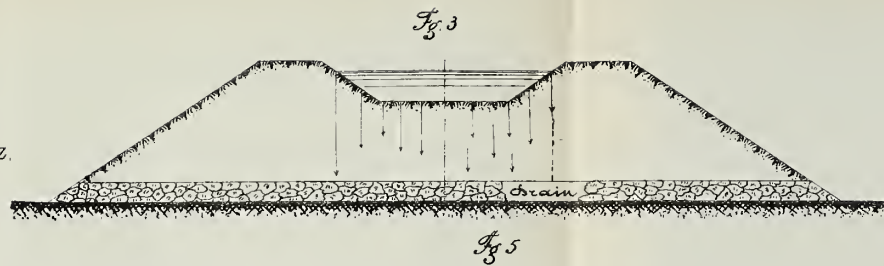
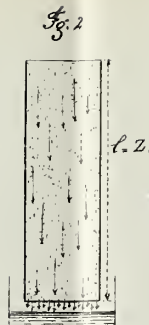
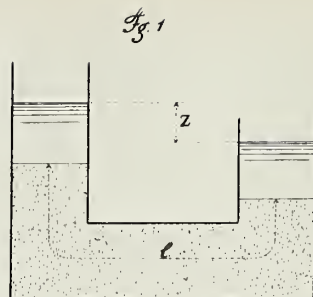
3. By the method of weighing the fixed residue. The power of dissolution of the inorganic elements of the sub-soil is a direct function of the temperature of the filtering waters. The waters of the subsoil, warehoused at a constant temperature, have thus a power of dissolution of constant amount. Their fixed residue, at 110° , is a permanent factor in the case of a given spring. The fixed residue of the losses from the canal, the temperature of which varies from 0° to 25° , is subject to considerable variations. If the canal were to feed the quarry to any considerable extent, it would necessarily produce in the figure appertaining to the fixed residue of the waters of the quarry springs, annual variations of the same kind as those of the temperature of the canal.

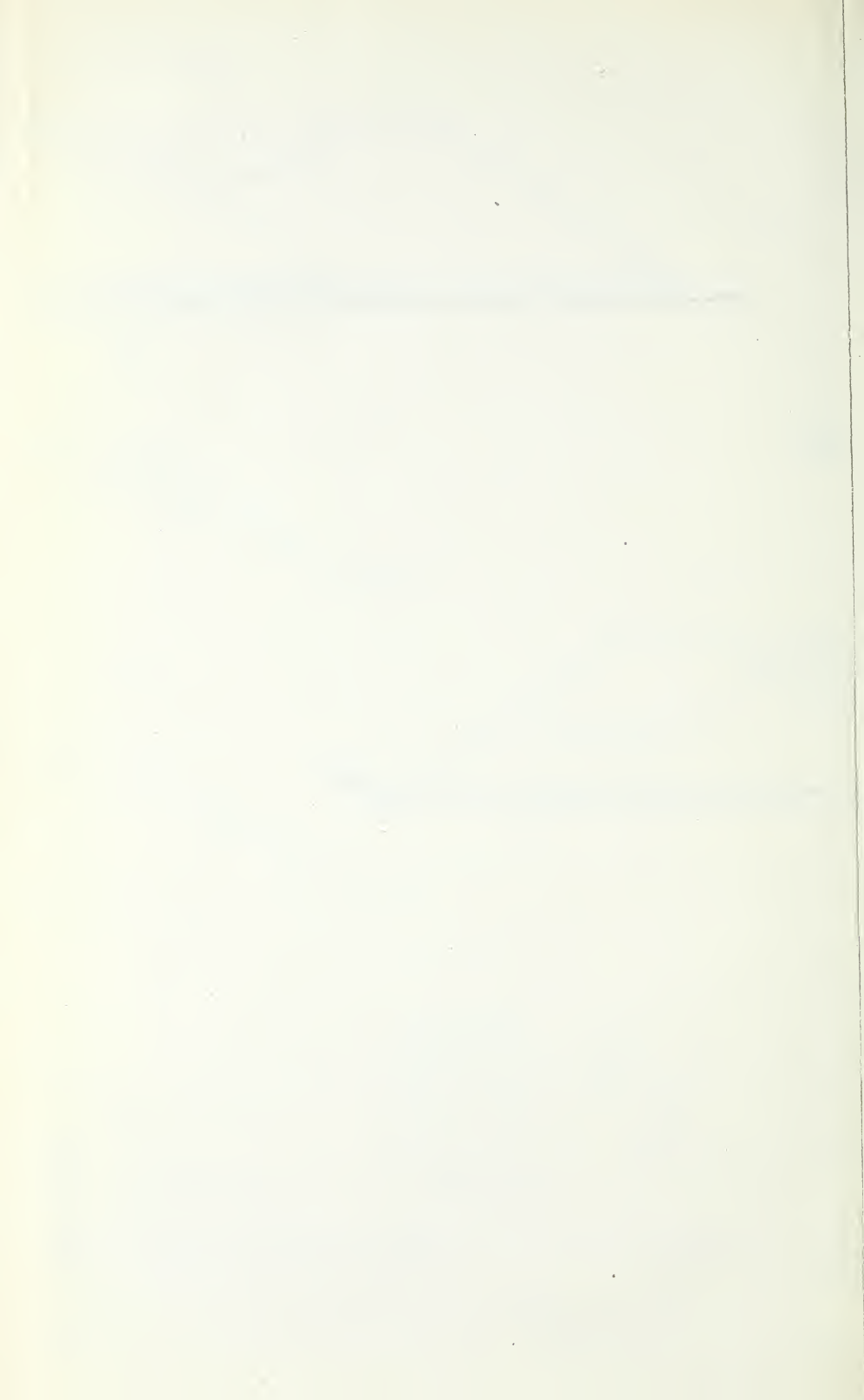
This direct method seems to us sufficiently precise to verify the circumstance of the untimely alimentation of deep quarries by a neighbouring canal.

The object of this treatise was to study some interesting problems in connection with canal technics, and systematically to explain some hydrological truths, completing and specialising these as might prove necessary. The subject was wide and new and the space at command was strictly limited. Our ambition would be satisfied if our researches which are briefly summarised, should encourage others to follow in the same path.

Mons, December 31st., 1904.

GUSTAVE DENIL.





PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
5. Communication

REPORT
BY
G. DENIL

PLATE II.



Fg. 11.

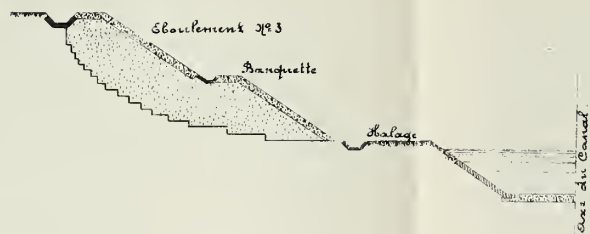


Fig. 12.

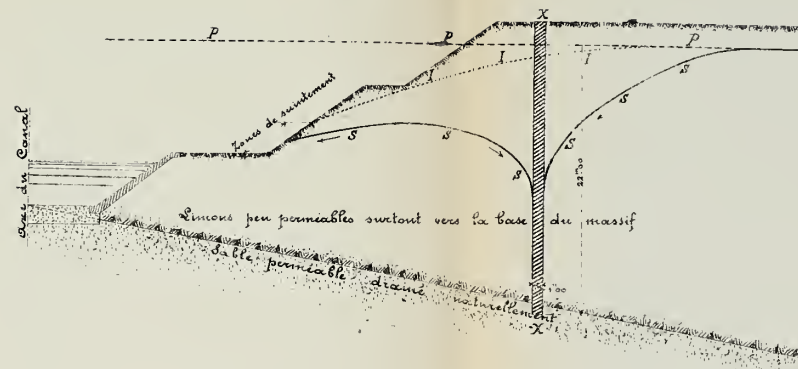
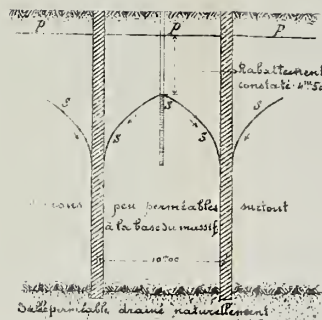
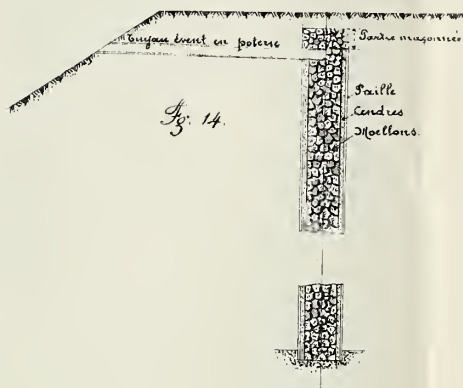


Fig 13.



Détail d'un puits filtrant.



Infiltronètre.

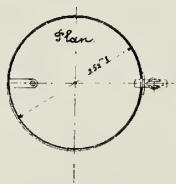


Fig. 16.

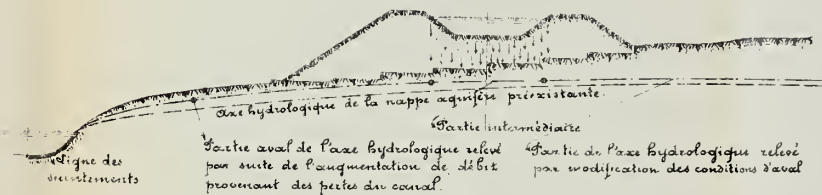
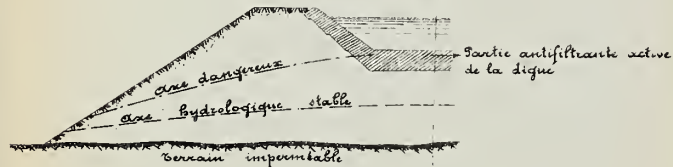


Fig. 17.



ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES
CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1905

I. Section : Navigation Intérieure
5. Communication

ÉTUDE DES EFFETS PRODUITS

PAR

l'Ouverture des Canaux de Navigation

SUR LE RÉGIME DES EAUX SOUTERRAINES

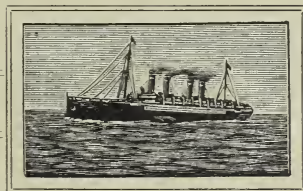
RAPPORT

PAR

G. DENIL

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées

NAVIGARE



NECESSE

BRUXELLES
IMPRIMERIE DES TRAVAUX PUBLICS (SOCIÉTÉ ANONYME)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

L'INFLUENCE DES CANAUX

SUR

le Régime des Eaux souterraines ⁽¹⁾

R A P P O R T

PAR

G. DENIL

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées

Au point de vue hydrologique, les canaux représentent des rubans liquides, de faible épaisseur, de largeur modérée, laminés sur des kilomètres de longueur et tronçonnés en biefs immobiles.

Les canaux se logent généralement dans le creux des vallées, le long de leurs rivières nourricières et directrices. Ils possèdent une raideur organique qui les empêche d'épouser d'un peu près le relief topographique. L'horizontalité des longs biefs, opposée à la pente du thalweg, la nécessité de restreindre le nombre des écluses en majorant leur chute, l'obligation de raccourcir, en les rectifiant, les tracés sinueux, font que les canaux doivent s'abaisser ou s'élever, relativement au terrain.

Dans la région de partage, les difficultés de l'alimentation obligent souvent à enfoncer le plan d'eau notablement sous le niveau du sol. D'autre part, les constructeurs des canaux récents se sont affranchis de la nécessité de suivre pas à pas un système hydrographique déterminé. Le canal de Dortmund à l'Ems possède, ainsi, un bief superbe, de 67 kilomètres de longueur, élevé au-dessus des vallées de l'Emscher, de la Lippe et de la Stever, qu'il traverse au moyen de ponts-canaux monumentaux auxquels se raccordent d'audacieuses digues en remblai. En Belgique, l'adoption des ascenseurs hydrauliques a permis, pour éviter un obstacle — l'exploitation houillère de Bois-du-Luc — de tracer un détournement, jeté hardiment sur les hauteurs voi-

(1) Ceci n'est que l'esquisse d'une étude que l'auteur reprendra dans un mémoire développé.

sines. Enfin, à cause des exigences nouvelles de la navigation et de l'encombrement croissant des vallées où l'espace disponible est, dès aujourd'hui, occupé par les routes, les voies ferrées, la complication des agglomérations et des industries, les voies navigables de l'avenir, d'un tracé plus direct et d'une orientation plus libre, s'affranchiront de plus en plus de la configuration du sol, elles comporteront des travaux de terrasse considérables, elles exigeront des modifications profondes de la « figure » de la terre.

Or, la « figure » du sol correspond à un état d'équilibre stable des forces qui sollicitent le terrain. Toute modification « formelle » correspond à une rupture d'équilibre, à un trouble apporté dans les conditions des phénomènes telluriques.

Parmi ces phénomènes, le plus important, celui de la circulation des eaux souterraines, est modifié d'une manière radicale par l'établissement d'un canal ; et cela, non seulement à cause de l'importance de travaux de terrasse, mais encore par la création de réservoirs allongés que les différents biefs représentent, et qui sont susceptibles, soit de drainer les réserves souterraines, soit de les alimenter, dans une certaine mesure.

La présente notice a pour objet de fournir un exposé analytique des troubles apportés dans le régime des eaux souterraines par l'établissement de canaux de navigation, et d'examiner sommairement leurs conséquences, tant au point de vue de la conservation des ouvrages que de la conception rationnelle de ceux-ci.

Le sol et les eaux.

Les terres. — En dehors des roches anciennes, dures et fissurées, qu'il faut isoler, absolument, de la voie navigable par un revêtement intermédiaire, les couches superficielles du sol, appartenant aux étages plus récents, avec lesquels le constructeur des canaux se trouve généralement aux prises, rentrent dans la classe mal définies des « terres », argiles, sables, graviers, mélangés dans des proportions variées, dont les particules sont individuellement distinctes.

L'importance relative des ouvrages de terrassements est grande. Même sur les sections de canaux encombrées d'ouvrages d'art, le coût des travaux en terre est rarement dépassé par le coût des travaux en maçonnerie (1).

(1) D'un relevé concernant la quatrième section du canal du Centre (en agglomération industrielle), l'importance relative des dépenses est : expropriations 46 % ; maçonneries et divers. 28 % ; terrassements 20 % ; métaux 6 %.

Or, si l'on soumet les mortiers, les ciments, les métaux à des essais sévères, si l'on établit les ouvrages en pierre et acier rationnellement, il n'en est pas de même des constructions en terre. On ne définit même pas nettement la matière. On parle empiriquement d'argiles douces, de terres sableuses, de sables terreux ; on attribue à l'« argile » une imperméabilité qu'elle ne possède nullement ; on ne sait trop, dans chaque cas déterminé, tracer le profil d'une tranchée qui se maintienne ; on ne projette une digue élevée qu'en lui donnant, quand on est prudent et qu'on a subi d'amers mécomptes, un surcroît de résistance exagéré.

Il y aurait, pensons-nous, à essayer les terres, à prédire leurs propriétés spécifiques. Il suffirait pour cela de les soumettre à une série d'épreuves, telles que l'analyse physique, le triage des éléments suivant leur grosseur, l'analyse microscopique, différents essais mécaniques, etc. Ces essais (1), répétés sur les produits des sondages des futures tranchées, serviraient à définir les matériaux des constructions en terre.

Les propriétés de ces matériaux dépendent de la forme et des dimensions de leurs éléments. Celles-ci, dans les argiles, sont telles (une fraction de micron) que les particules constituantes restent invisibles avec les grossissements microscopiques courants. La forme des éléments argileux paraît être celle d'écailles cristallines, susceptibles de fournir la plus grande somme de contact pour un volume limité de matière, ce qui aurait pour effet de développer l'adhérence de ces particules entre elles, et par conséquent, la cohésion, jusqu'à ses limites extrêmes. Il n'en est pas ainsi du sable, même divisé, au point d'en être doux au toucher comme une argile fine. Un tel sable, quartzeux, conserve des grains polyédriques dont les trois dimensions sont comparables. Les contacts mutuels sont restreints, la cohésion limitée. Ces sables constituent les terres vulgaires, dites « argiles douces », qui possèdent, au point de vue de la résistance en talus, des propriétés distinctes des argiles vraies.

Celles-ci, séchées, et réduites mécaniquement en farine, acquièrent un volume apparent dépassant considérablement celui de la matière agrégée sèche. Les particules argileuses ténues s'arc-boutent mutuellement. Elles peuvent former des groupements de densité variée, dont le plus stable est celui qui correspond à la plus forte densité apparente. Le groupement dense se constitue spontanément, quand l'argile et en général la « terre » a été mouillée, et qu'elle est soumise ensuite à la dessiccation. Dans ces condi-

(1) Faute d'espace, nous nous bornons à une indication.

tions, les ménisques capillaires reculent à l'intérieur de la masse, en exerçant successivement sur les particules terreuses des tractions élevées. Ces particules glissent et s'insèrent les unes dans les autres en occupant le moindre espace possible.

Les terres, avant d'avoir été bouleversées par nos mains, possèdent une densité apparente élevée. Il n'est pas commode, d'ailleurs, de vérifier exactement cette densité. Aussi ne faut-il admettre, qu'avec réserve, les chiffres donnés par les auteurs pour les poids spécifiques des terres en place, si ce chiffre n'atteint pas 2, approximativement, en tenant compte de l'eau de carrière, toujours présente. Le même poids spécifique de la matière sèche atteint 1 k. 71, le volume du vide 35 % environ ; enfin, la densité des éléments constituants est en moyenne 2.65.

Dans la zone rapprochée du sol, une partie assez infime du vide interstitiel est rempli d'un air spécial, plus riche en acide carbonique, l'air tellurique.

L'effet du travail de terrasse est d'ameublir mécaniquement les terres, de leur faire perdre, par les temps secs, une partie de leur eau de carrière, et surtout d'introduire dans la masse quantité d'air atmosphérique. Ce dernier se révèle dans les remblais corroyés : les terres cylindrées se relèvent, au delà de la charge, comme le ferait un matelas élastique. Le gaz, provisoirement occlus, constitue l'obstacle le plus récalcitrant au damage et au corroyage parfait. L'action du temps finit par en avoir raison ; l'air se dissout lentement dans les eaux météoriques. Mais les remblais, même soignés, exécutés au moyen de terres de choix, tassent longtemps ; on ne pourrait même affirmer, qu'après vingt ans de repos, le tassement des hauts remblais est définitivement acquis.

Les particules terreuses très fines, abandonnées à la gravité, se déposent dans l'eau comme dans l'air en adoptant le groupement de moindre densité, sous forme de vases molles, quartzueuses ou argileuses. Au fond de l'eau, aucune force ne tend à condenser ces masses inconsistantes et à leur donner la cohésion, par rapprochement des particules. Les vases restent donc molles indéfiniment, si elles ne sont pas émergées, et si l'évaporation n'intervient pas. Chose plus grave, si le battillage au plan d'eau, ou toute autre action mécanique provenant, par exemple, des gaffes des bateliers, dérange le groupement de forte densité, il ne peut se reconstituer sous eau, et les bonnes terres, primitivement damées et solides, sont transformées en vases fluentes, sans résistance.

Tous ces phénomènes, et en particulier ceux de retrait, s'ac-

cusent évidemment avec la petitesse absolue des particules. Il n'en est pas moins vrai que même un remblai de ballast, insensible aux actions capillaires superficielles de l'eau en recul, est susceptible de prendre un retrait énorme, sous la charge d'un cylindre d'empierrement.

Les eaux du sol. — A quelques centimètres sous la surface du sol, les terres, comme toutes les roches, sont imprégnées d'eau. Ces eaux proviennent des météores aqueux, particulièrement des pluies, dont une fraction importante, pouvant atteindre 20 à 25 % de la hauteur annuelle de chute, est absorbée. Cette eau est retenue par les actions capillaires ; elle ne peut disparaître que par évaporation ; elle est, en quelque sorte, soustraite à l'action commune de la gravité. Mais les actions capillaires se limitent à des valeurs qui dépendent de la dimension absolue des vides, pores ou espaces intersticiels, séparant les particules terreuses. Elles n'intéressent qu'une hauteur verticale fixe pour des éléments d'une finesse déterminée. Cette hauteur dépassée, la gravité reprend ses droits.

Si l'on fore un trou de sondage, au fur et à mesure de l'avancement, les produits retirés, tout en restant fermes, sont de plus en plus imprégnés d'eau de carrière. Enfin, le trou étant assez profond, sa partie inférieure se remplit d'eau ; la loi des vases communicants exerce ses effets ordinaires. L'eau se maintient à un niveau fixe, indépendant des pompages, tout au moins quand on laisse aux eaux souterraines, lentes, le temps d'affluer et de combler le vide. Ce niveau, qui ne subit que des variations diurnes, saisonnières et annuelles limitées, est celui de la nappe « phréatique ». Il représente le niveau à partir duquel les eaux obéissent en masse aux simples lois de la pesanteur.

On est tenté de croire que ce niveau règne invariablement sur de grandes étendues. Mais si l'on fore de nouveaux trous, nombreux, on remarquera que les cotes, qu'on détermine, diffèrent notablement. Elles se rapportent à une surface particulière, dont il est possible de représenter le relief de la même manière que le relief topographique, c'est-à-dire au moyen de courbes de niveau. Ces courbes portent le nom de courbes hydroïsohypse.

Le réservoir souterrain ne représente donc pas un lac statique horizontale, mais une masse qui s'écoule dans une direction, déterminée par le sens de la plus grande pente de sa surface. Cette direction est celle des exutoires, des lignes de suintement existant à l'affleurement de terrains moins perméables ou dans le lit même des rivières occupant le creux des vallées.

Il semblerait donc qu'en dehors de la pente générale de la nappe souterraine qui suit la pente générale du sol, il n'y a pas concordance nécessaire entre les accidents superficiels du terrain et la forme de l'axe hydraulique de la nappe. Cet axe ne paraît dépendre, comme celui d'un courant libre, que des circonstances d'aval, soit ici des conditions altimétriques de l'émergence, et du lit souterrain, lit composé d'une infinité de canaux capillaires ou pseudo-capillaires, opposant une résistance énorme au mouvement des eaux, et provoquant, par conséquent, des pentes superficielles notables, pour engendrer des vitesses d'un ordre de grandeur minime, quelques mètres, quelques centimètres, ou moins encore par 24 heures.

En réalité, la concordance entre le profil du sol et celui de la nappe est plus proche. Les réserves du sol sont alimentées par les pluies des saisons pluvieuses et froides. L'évaporation superficielle, la consommation des plantes, s'exercent aux dépens de la nappe souterraine, principalement en été. Cette évaporation représente, en quelque sorte, un exutoire d'une aire considérable et dont l'effet est d'autant plus sensible que la surface de la nappe souterraine se rapproche plus de l'atmosphère. Une dépression locale du terrain peut donc accentuer l'évaporation et provoquer une dépression parallèle de la superficie de la nappe souterraine. Ces dépressions se combinent d'ailleurs nécessairement à la saison des pluies alimentaires.

Les forces qui agissent sur les eaux emprisonnées dans le sol, et qui commandent les formes des nappes aquifères, sont donc la pesanteur, contrariée par les frottements variés du filtre, et l'évaporation, fonction de la distance qui sépare la nappe du sol naturel.

L'*hydraulique souterraine* est la science qui s'occupe de l'étude mathématique des courants souterrains. Elle ne permet guère, à la vérité, de prévoir, à coup sûr, les modifications qu'on peut apporter à un régime d'écoulement, soit par l'établissement d'un puits, d'une galerie de drainage ou d'une tranchée, à cause de l'impossibilité de définir le sous-sol, généralement hétérogène. Son étude est indispensable cependant. Nous en indiquerons rapidement les principes, en en restreignant les applications aux cas intéressant la technique spéciale des canaux.

Hydraulique souterraine.

Principe de la filtration. — La loi d'écoulement de l'eau dans un tuyau greffé sur un réservoir, est formulée d'une manière

générale par $Z = \frac{u^2}{2g} + \frac{z}{\omega} l \varphi u$ (1), dans laquelle φu prend la forme $\varphi u = au + bu^2$ (formule de Prony). Pour les conduits de diamètre notable, considérés dans l'hydraulique ordinaire, la vitesse prend des valeurs telles que au puisse être négligé devant bu^2 ; quand le tube est capillaire, la vitesse est assez faible, pour que les termes en u^2 soient négligés devant le terme en u , et la formule prend la forme, c étant une constante : $u = c \sqrt{\frac{z}{l}}$ (loi de Poiseuille).

Cet exposé rend sensible la distinction qui s'impose entre les lois de l'hydraulique ordinaire et celles de l'hydraulique souterraine. Les phénomènes souterrains sont, en effet, des phénomènes capillaires obéissant, en gros, à la loi de Poiseuille.

Colonne filtrante. — (Fig. 1). — En appliquant cette loi à la colonne filtrante surmontée d'eau libre, à ses deux extrémités, nous avons : $u = K \sqrt{\frac{z}{l}}$. Si ω représente la section brute de la colonne, la section nette de libre passage étant $\mu \omega$, nous aurons pour valeur du débit $Q = K \mu \sqrt{\frac{z}{l}} \omega$.

Si la colonne a pour section brute l'unité de surface, $Q = K \mu \sqrt{\frac{z}{l}}$. Le rapport $\sqrt{\frac{z}{l}}$ prend le nom de *charge unitaire du filtre*. Si l'épaisseur des réservoirs d'eau libre terminant le filtre proprement dit s'annule et si le filtre est vertical (fig. 2) $z = l$, $\sqrt{\frac{z}{l}} = 1$, $u = K$, $Q = K \mu$.

La vitesse dans un fil vertical non chargé est donc indépendante de la hauteur de filtration; elle ne dépend que de la nature de la matière du filtre, laquelle détermine la valeur du coefficient K .

Des expériences de Kröber (*Zeitung des Vereines deutscher Ingenieure*, 1884), il résulte que K varie dans un filtre à sable de 0.00320 à 0.0146 quand le diamètre moyen des grains de sable varie entre 0 millim. 54 et 1 millim. 35. Pour du sable fin dont les dimensions varient de $1/4$ à $1/10$ de millimètre, mélangé d'une petite quantité de glaise, M. C. Lembke a trouvé $K = 0.000167$. Les expériences manquent pour les terres argi-

(1) Z = hauteur motrice; u = vitesse; z , périmètre mouillé; ω , section transversale; g , accélération de la pesanteur; φu , fonction de la vitesse; a et b , constantes.

leuses fines. Il est d'ailleurs impossible de reproduire expérimentalement les conditions des terres naturelles en place.

Le coefficient μ , définissant le rapport de la section libre du passage de l'eau à la section brute du filtre, ne varie guère avec le terrain filtrant. On peut lui attribuer la valeur moyenne : 0.250.

Canal sur remblai drainé (fig. 3). — Supposons un canal établi sur remblai homogène relativement perméable. Les eaux de filtration sont réunies et éloignées du remblai par l'intermédiaire d'une couche drainante continue. Un tel remblai ne peut être assimilé au filtre vertical, puisque l'écoulement dans la masse filtrante n'est pas forcé ; l'air atmosphérique accède latéralement. L'écoulement libre est modifié par la présence des particules solides, le long desquelles l'eau s'étirera en colonnes creuses, exactement dans les conditions des eaux de pluie alimentant les nappes aquifères. Tout ce qu'on peut prétendre, c'est qu'en vertu de la loi générale par laquelle les phénomènes tendent à choisir entre plusieurs voies, celle qui comporte la moindre dissipation d'énergie, les molécules d'eau descendront suivant la verticale, direction qui correspond au maximum de charge unitaire.

Digue posée sur terrain pratiquement imperméable (fig. 4). — Dans une telle digue, la filtration ne peut être que latérale. Supposons horizontal le sol naturel, imperméable. Les digues sont longées chacune d'un fossé, où les eaux de filtration sont retenues. Cherchons à déterminer, si possible, le débit de la digue et la forme de la nappe aquifère. Nous savons déjà que le débit sera indépendant de la hauteur du remblai, puisque l'alimentation s'effectuera, comme dans le cas du remblai drainé examiné plus haut, par écoulement libre au-dessus de la nappe. La région placée immédiatement sous la cunette du canal sera alimentée d'une manière continue. Il ne faut cependant pas s'illusionner sur la valeur de cette alimentation et sur les vitesses réalisées. Les pertes par infiltration ne dépassent guère, pour un canal étanche, établi avec les précautions voulues, le chiffre de 400 litres par mètre courant de canal et par 24 heures, pour 20 mètres de largeur de section mouillée, soit une couche superficielle de 2 centimètres d'épaisseur par jour, comportant une vitesse verticale d'écoulement dans le sol, de 8 centimètres par 24 heures et de 3 millimètres par heure.

Considérons ce qui se passe dans la tranche de l'unité de longueur.

En se reportant à la figure 4, on a : $Q = \omega u = \mu z \times l \times u$. Or, dans un filtre latéral, on a : $u = K \times \text{charge unitaire}$, soit $u = K \frac{dz}{ds}$. D'où $Q = K \mu z \frac{dz}{ds}$ ou $Q ds = K \mu z dz$, équation différentielle exacte de l'axe hydrologique créé par le canal.

Equation approchée. — On peut, comme première approximation, intégrer en remplaçant ds par dx ; l'équation devient $Q dx = K \mu z dz$, qui, intégrée, devient $2 Q x = K \mu (z^2 - h^2)$ (1). C'est l'équation d'une parabole.

La courbe se relèvera avec le débit, c'est-à-dire avec le relâchement du filtre supérieur, la hauteur d'eau du canal et la largeur de la cunette. Une valeur limite correspondrait au cas où la courbe aboutirait à l'angle même du plan d'eau (fig. 5). Cette valeur serait donnée par l'équation (1) dans laquelle on ferait $x = L$, $z = H$. On obtient ainsi : $Q = K \mu \left(\frac{H^2 - h^2}{2L} \right)$.

En substituant cette valeur de Q dans l'équation (1), les coefficients k et μ , qui définissent la matière de la digue, disparaissent et l'équation (1) devient, transformations faites : $z^2 = h^2 + \frac{H^2 - h^2}{2L} x$.

Nous avons supposé que la valeur de h , hauteur d'eau dans le fossé latéral, était suffisante pour que la filtration se fit efficacement sur cette hauteur. Il est évident que h ne peut s'annuler, car il faudrait que l'eau s'échappât de la digue avec une vitesse infinie pour donner par une section nulle, un débit fini. Dans l'absence d'un fossé couvert d'une épaisseur d'eau suffisante, on pourrait limiter, comme l'a fait M. Brouhon, dans sa théorie des puits (1), la charge unitaire de la section de sortie $\frac{dz}{ds}$ à l'unité, ce qui revient à supputer l'inclinaison du dernier élément de l'axe hydrologique. Cette valeur représente une limite extrême provisoirement admise. En reportant cette valeur dans l'équation différentielle exacte, on a $h = \frac{Q}{K \mu}$. En introduisant cette valeur dans l'équation de la nappe aquifère limite, on a : $2LQ + \frac{Q^2}{K \mu} - K \mu H^2 = 0$, ou $Q = K \mu \left(-L + \sqrt{H^2 + L^2} \right)$

Il est aisé de donner une interprétation graphique de la lon-

(1) Voir BROUHON. *Annales des Travaux publics de Belgique*.

gueur $O X$ (valeur de la parenthèse). On a $Q = K \mu \times O X$. Et $h = \frac{Q}{K \mu} = O X$.

L'épure figure 7 donne la courbe des débits limites se rapportant à différentes hauteurs de digues. Ces limites ne pourraient être atteintes qu'à condition d'augmenter les pertes d'eau dans la proportion voulue.

Différentielle exacte. — La forme parabolique de la nappe aquifère ne représente qu'une approximation. Dans le cas particulier qui nous occupe, l'intégration de l'équation fondamentale est possible, elle donne :

$$\frac{Q}{K \mu} x = \frac{z}{2} \sqrt{z^2 - \frac{Q^2}{K^2 \mu^2}} + \frac{Q^2}{2 K^2 \mu^2} \left[\ln \left(z + \sqrt{z^2 - \frac{Q^2}{K^2 \mu^2}} \right) - \ln \frac{Q}{K \mu} \right]$$

Connaissant Q , il serait donc possible, sinon pratique, de déterminer par points le profil exact de la nappe aquifère.

Tranchée. — Soit (fig. 8) une tranchée creusée dans un terrain perméable. Elle produira un appel latéral énergique sur les eaux du sol, dont le régime sera modifié dans une zone d'une certaine largeur. L'influence de la tranchée sur la nappe préexistante ne sera pas immédiate. Il faudra que progressivement les eaux modifient leur direction, que les terres dégorgent à l'air libre, que la nappe primitive se déprime. Supposons qu'après un temps déterminé, plutôt long, le régime permanent se soit établi et que la nappe aquifère ait pris la forme représentée figure 8. Pour simplifier, supposons horizontale la nappe préexistante et soit L la longueur d'influence de la tranchée. Soit h la hauteur de filtration dans le talus et soit Q le débit de la tranchée. Supposons, en outre, que le fond de la tranchée marque la limite du terrain perméable.

La nappe aquifère est alimentée par les eaux pluviales. Cette alimentation continue est égale à ε en moyenne par seconde et par mètre carré superficiel. Cette valeur peut être prise égale à

$$\frac{4 \text{ m}^3 \text{ 000}}{10000 \times 86400} = 0.00000000463.$$

Il est évident que $Q = L \varepsilon$ ou $L = \frac{Q}{\varepsilon}$.

Le débit, au fur et à mesure que l'on s'éloigne le long de l'axe des x , diminue, et l'on a : $Q = \mu \times 1 \times u = (L - x) \varepsilon$; $u = K \frac{dz}{ds}$

Donc, finalement : $K \mu \approx \frac{dz}{ds} = (L - x) \varepsilon$. Telle est l'équation

différentielle exacte de l'axe hydrologique d'une nappe alimentée continûment.

En intégrant l'équation approchée obtenue en remplaçant ds par dx , nous aurons :

$$K \mu (z^2 - h^2) = 2 \varepsilon L x - \varepsilon x^2 \text{ ou } z^2 - h^2 = \frac{\varepsilon}{K \mu} (2 L x - x^2).$$

$$L = \frac{Q}{\varepsilon} \quad Q = K \mu H \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon + K \mu}}, \quad h = \frac{Q}{K \mu}$$

Ces relations suffisent pour résoudre les problèmes ordinaires.

Observons que nous ne sommes pas encore parvenus à serrer que d'assez loin la réalité. Nos formules se rapportent à l'hypothèse du mouvement permanent. En vérité, l'alimentation des nappes aquifères est essentiellement discontinue ; elle se produit après chaque pluie, provoquant une crue de la nappe aquifère, un gonflement subit des axes hydrologiques souterrains. Ces sautes de niveau ont d'ailleurs une influence néfaste au point de vue de la résistance des tranchées. Nous sommes en présence d'un phénomène complexe de mouvement varié.

Mais l'intérêt de ces recherches réside uniquement dans ce qu'elles sont susceptibles d'annoncer, d'accuser et d'expliquer certains phénomènes mal définis de la pratique journalière de la construction des canaux. A ce point de vue, il a paru utile de tracer, figure 9, les axes hydrologiques se rapportant à la même tranchée, toutes choses égales, en se mettant aux limites extrême des valeurs du coefficient K , se rapportant *au sable*, soit $K = 0.0146$ et $K = 0.000167$. On voit que *l'effet de la finesse des particules* terreuses, c'est-à-dire de l'imperméabilité relative du sol, est de raidir et d'incliner les axes hydrologiques des tranchées, vers le vide.

Influence des canaux sur les nappes aquifères.

Carte hydrologique. — Si l'on voulait déterminer, scientifiquement, l'effet de l'établissement d'un canal sur le régime souterrain, connaître la contribution alimentaire qui pourrait être demandée au sol même, se rendre compte, exactement, des conditions d'établissement des tranchées, se faire une idée des effets de rabattement à distance des puits, des étangs, des mares, des effets de suralimentation artificielle des nappes dans les parties en remblai, il faudrait que tout projet de voie navigable artificielle fût accompagné d'un dossier géologique et hydrologique, comprenant, notamment, la carte *hydrologique* de la

région traversée. Cette carte porterait les courbes « hydroïsohypes » ; elle s'étendrait jusqu'aux exutoires de la nappe, c'est-à-dire, le plus souvent, jusqu'au ruisseau qui coule dans le thalweg voisin. Les courbes seraient dressées au moyen de lignes de forages transversaux, dans lesquels les niveaux des eaux souterraines seraient nivelés. Ces cartes serviraient de bases à des recherches expérimentales efficaces sur l'influence postérieure du canal sur les eaux telluriques.

Elles constitueraient des documents inappréciables au point de vue judiciaire, les particuliers prenant argument souvent, d'un état des lieux antérieur au canal, qu'il est impossible de vérifier, autrement que par témoignages incertains.

Ces cartes pourraient donner l'épaisseur des nappes ; cette épaisseur correspond à la profondeur limite à partir de laquelle le débit du forage n'augmente plus.

Indépendamment du niveau supérieur du terrain noyé et du sens (1) de l'écoulement souterrain indiqué par la carte hydrologique, l'étude attentive de celle-ci mettrait en lumière les circonstances ignorées du sous-sol. Toute grande dépression locale accusée, marquée par les courbes, indiquerait une perte ou disparition, soit par évaporation, soit par fissure ou crevasse dans le sous-sol rocheux. D'autre part, toute intumescence locale marquée figurerait une alimentation extraordinaire, due à une nappe inférieure captive se déversant supérieurement par une ouverture quelconque. La forme même des fissures serait enregistrée, sur la carte, par la forme parallèle de la surface de la nappe aquifère, graphiquement définie.

Définition de l'influence des canaux. — Les phénomènes hydrologiques normaux sont des *phénomènes transversaux*. Ils se développent dans la section transversale au drain, représenté le plus souvent par un courant libre, collectant toutes les eaux superficielles et souterraines de la vallée. Les canaux, généralement parallèles, ne peuvent donc exercer eux-mêmes qu'une influence transversale ; les troubles qu'ils peuvent infliger aux nappes aquifères ne se répercutent pas longitudinalement. Cette localisation transversale des phénomènes souterrains est mise en lumière, d'une manière démonstrative, par la possibilité, dans des réseaux de drainages profonds, même au sein d'un sol sableux très perméable, d'étager

(1) Ce sens est celui de la plus grande pente de la nappe aquifère ; c'est, peut-on dire, le sens de la direction normale aux courbes « hydroïsohypse ».

des biefs aquifères souterrains, indépendants les uns des autres (1), au moyen de serrements de longueur modérée.

On peut donc considérer comme démontré que les perturbations provoquées par les canaux dans le régime des eaux souterraines, sont localisées transversalement, qu'elles ne retiennent point, en long.

Niveau de flottaison inférieur au niveau des nappes aquifères.

— Le niveau de flottaison du canal peut être inférieur ou supérieur au niveau de la nappe aquifère préexistante. Examinons l'hypothèse de l'infériorité relative du canal.

Dans ces conditions, le canal sera alimenté par les nappes extérieures. Il le sera abondamment si le terrain est franchement perméable, mais dans ce cas, il déprimera fortement les nappes existantes et pourra provoquer la déchéance des puits, des étangs, des mares, à des distances considérables. Cette circonstance s'est produite notamment en aval de l'écluse n° 4 d'Obourg, où la cunette, creusée dans la craie, a mis à jour des sources débitant approximativement 9500 m³ par jour, quand le canal est à sec. Avec le canal à flottaison, le débit diminue, mais représente toujours une contribution importante à l'alimentation des biefs inférieurs du canal. Ces ressources ont permis de supprimer, tout au moins pour le moment, la prise d'eau projetée de l'Obrechœul.

Si le terrain est peu perméable, comme dans le cas des pseudo-argiles, des limons argileux, l'influence du canal est nulle, à très faible distance même des tranchées profondes. Nous avons pu observer le fait, notamment à la tranchée du Saint-Nicolas, à Houdeng-Gœgnies, où des puits se sont maintenus, pleins jusqu'au bord, ne subissant aucune influence drainante sensible, au sommet d'une tranchée de 17 mètres, alors que leur distance, à la crête des talus, ne dépassait pas une quinzaine de mètres.

Dans de tels terrains, on peut donc dire que le canal n'exerce qu'une influence limitée sur le régime des eaux souterraines, lequel régime, quasi, dormant, est influencé, plus par le facteur évaporation superficielle du sol que par le facteur gravité.

Dans les deux cas, l'influence des eaux souterraines sur la stabilité des tranchées est prépondérante et menace souvent l'existence de la voie navigable.

(1) Notamment dans le réseau, de la forêt de Soignes, de la distribution d'eau de Bruxelles. — Voir la notice : *Les eaux à Bruxelles*, en 1902, par M. l'Ingénieur en chef PUTSEYS.

Influence des eaux souterraines sur les tranchées peu perméables. — L'argile possède une cohésion égale à celle de bien des roches tendres. Mais l'argile plastique massive, constituée de silicate d'alumine, ce qu'on peut appeler l'argile vraie, est rare. Elle présenterait d'ailleurs, en tranchée, les inconvénients de terres fines, dites communément argiles, et qui sont soit des limons, soit des mélanges variés d'argile et sables très fins. Ces tranchées, d'après les règles de l'hydraulique souterraine, rabattent la nappe, en inclinant fortement l'axe hydraulique nouveau vers le vide de la tranchée. Le massif de terre se trouve dès lors dans des conditions anormales.

On pourrait croire que la présence même de nappe aquifère détrempe les terres, annihile leur consistance. Il n'en est rien ; une tranchée profonde peut plonger de 7 à 8 mètres dans la nappe aquifère préexistante, sans que la tranchée présente, pendant l'exécution, d'humidité visible. La terre possède la cohésion, la solidité des meilleures terres franches. L'eau retenue à saturation entre les fines particules ne se montre pas. Si les terrassements s'effectuent par temps sec, l'évaporation empêchera qu'aucun suintement ne se manifeste dans les talus, et l'on se trouvera être descendu sans épuisements, au milieu d'une nappe souterraine profonde. Mais si l'on creuse légèrement la surface du talus, le soir, on trouvera le matin, cette cavité pleine d'eau de suintement.

Eboulements. — Le passage de l'eau souterraine ne peut avoir pour effet de diminuer la cohésion du massif suivant l'opinion à peu près générale des constructeurs. Le phénomène éboulement est d'ordre différent ; il est provoqué par la forme inclinée de l'axe hydrologique souterrain, à son débouché dans les tranchées argileuses. Il faut noter, en effet, que les particules inférieures, plongées dans l'eau, voient leur densité tomber de 2.65 à 1.65, tandis que la densité des particules placées hors de la nappe conserve sa valeur propre 2.65. Le massif est donc partagé en deux parties, l'une, supérieure, composée de particules à haute densité, l'autre inférieure, composée de particules à densité atténuée. De plus, la ligne de démarcation des deux massifs est fortement inclinée vers la tranchée. Or, en étudiant à nouveau et suivant une méthode rigoureuse et originale les problèmes de la poussée des massifs pulvérulents, M. J. Massau (1) a démontré que « lorsque la pente de la couche

(1) Voir *Mémoire sur l'intégration graphique*. Tome III. Premier fascicule (1904), des *Annales de l'Association des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand*, page 87.

aquifère devient un peu grande, on trouve des surfaces d'éboulement très peu inclinées et se rapprochant du plan horizontal ; il devient impossible d'établir une tranchée ». Or, si nos tranchées ne sont pas établies au sein de massifs pulvérulents, si la cohésion assimile nos terres plutôt à des roches en place, on comprend que, le fait que les axes hydrologiques les plus inclinés caractérisent les tranchées les plus argileuses, suffit pour expliquer la nature ébouleuse de ces tranchées. La cause accidentelle provoquant le départ de l'éboulement est, d'ailleurs, un phénomène de crue souterraine, suivant une alimentation pluviale copieuse des nappes.

L'hydrologie appliquée à l'établissement des canaux permet donc de se rendre compte du caractère dangereux et précaire des tranchées argileuses ; elle est susceptible aussi de nous fournir des moyens de défense rationnellement conçus.

Défense de la tranchée du Saint-Nicolas à Houdeng-Gœgnies.

— Si l'on veut admettre que les éboulements sont dus au caractère des axes hydrologiques occupant les masses ébouleuses, pour traiter les tranchées d'une manière rationnelle, il convient de modifier les axes hydrologiques souterrains, dans les massifs susceptibles de se mettre en mouvement, en détruisant les déclivités excessives du courant aquifère, par des drainages judicieux.

Une application économique de ce principe a été réalisée par nous à la tranchée du Saint-Nicolas, à Houdeng-Gœgnies. Les figures 10 et 11 donnent les profils en long et en travers de la tranchée. Elle était creusée tout entière dans une couche épaisse de limon quaternaire. On pouvait en distinguer plusieurs variétés, étagées, en quelque sorte, par ordre d'imperméabilité croissante. Une nappe aquifère préexistait dans la masse, nappe lente à cause de la finesse des éléments terreux. L'ensemble des limons reposait sur une couche de sable éocène glauconifère non aquifère, donc drainée latéralement par la vallée du « Thiriau », lequel coule à 700 mètres, en chiffres ronds, du canal. Entre les diverses variétés de limons se rencontraient des couches minces et discontinues de gravier, drainant vaguement, avec des lacunes considérables, les terres de la tranchée.

Celles-ci, pendant la période d'exécution, auraient paru sèches à un observateur non prévenu. Elles étaient fermes et dures, difficiles à entamer à la bêche. L'eau n'apparaissait pas sur les talus pendant les chaleurs de l'été. On s'enfonçait pourtant dans la nappe aquifère préexistante, et, l'hiver venu, les infiltrations se montrèrent, révélées par des suintements diffus au

niveau du chemin de halage. Au printemps, trois éboulements importants se manifestèrent, dont l'un, placé dans la partie la plus élevée de la tranchée, cubait 2,444 m³ 425. Toutes les précautions d'usage avaient été prises, préalablement : établissement d'un réseau complet de fossés maçonnés, banquettes, poursuite et drainage immédiat des suintements visibles.

Le principe des travaux de défense, après la production des éboulements, fut celui du drainage par puits verticaux, rapprochés à dix mètres de distance d'axe en axe, dans les parties hautes de la tranchée, et à 20 mètres, vers les extrémités. Ces puits furent descendus jusqu'au sable inférieur et enfoncés de 0 m. 80 dans ce niveau. Ils furent garnis de paille, au contact des terres, puis de cendres et de moëllons. Si nous représentons, figure 1, la nappe aquifère productrice de l'éboulement, l'établissement d'un puits tel que XX a creusé, dans cette nappe rabattue par la tranchée, un cône d'épuisement qui, en diminuant fortement l'alimentation de la partie de la nappe que le talus influence, rabat celle-ci. En somme, le tracé stable SSS des nappes hydrologiques, se substitue au tracé instable III, lequel s'était substitué au tracé PP d'avant-tranchée. Les masses lourdes du sol drainé sont ancrées, en quelque sorte, dans le sol inférieur à densité atténuée.

Des trous de sondage creusés à mi-distance entre les axes des puits, figure 13, ont permis de constater un rabattement total de 4 m. 50. Ce rabattement a demandé 40 jours pour s'effectuer.

L'efficacité des travaux a été complète. Depuis qu'ils ont été terminés (été 1901) aucun mouvement ne s'est plus manifesté dans la tranchée, les anciens drains ont vu leur débit baisser dans des proportions considérables.

La profondeur des puits a varié de 8 m. 42 à 20 m. 45. Cinquante-trois puits ont été établis, au total, coûtant 14,597 fr. 86 pour défendre 460 m. 70 de tranchée, ce qui porte le prix de la défense, par mètre courant, pour les deux rives, à 31 fr. 69.

L'existence d'une couche de sable drainé sous le massif argileux, constituait une circonstance favorable à l'application du système. Cependant, son économie et les avantages multiples qu'il présente, notamment l'indépendance des organes drainants et la facilité de multiplier ceux-ci suivant les besoins constatés, nous paraissent de nature à faire adopter ce système dans bien des cas de tranchées argileuses, même quand il faudrait réunir les puits par une galerie longitudinale collectrice.

Ces puits, dans des terrains difficiles, pourraient être forés à diamètre réduit.

Les figures 10 à 14 se rapportent à la défense de la tranchée du Saint-Nicolas. On remarquera, figure 14, qu'il a été ménagé des événements, de manière à permettre la fuite de l'air confiné.

Tranchée de sable. — En résumé, les tranchées argileuses sont faciles à exécuter et difficiles à maintenir, ensuite. Les tranchées de sable sont difficiles, sinon impossibles à établir ; elles se maintiennent intactes indéfiniment si l'on réussit à les mener à profondeur. Elles se caractérisent en effet par des axes hydrologiques *permanents* à peu près horizontaux, donc stables. Seulement, pendant l'exécution des terrassements, des axes transitoires, à forte inclinaison, par conséquent dangereux, se marqueront dans une masse sans grande cohésion. Ces axes répondent à la période de vidange du sillon drainé. Les rabattements devront précéder l'établissement des tranchées de sable en terrain aquifère.

Niveau de flottaison supérieur au niveau de la nappe aquifère. — Si le niveau du canal surplombe celui de la nappe aquifère préexistante, il y a alimentation de celle-ci par le canal. Cette alimentation ne peut devenir importante, sans inconvénient.

Pertes par infiltration. — La limite inférieure des pertes par infiltration d'un canal ancien bien colmaté, est fixée par M. de Mas (cours de navigation — canaux, p. 259, Paris 1904) pour le type des canaux français (hauteur d'eau 2 m. 20, largeur du plan d'eau 18 à 20 mètres), à 500 litres par mètre courant et par jour. Nos expériences personnelles nous porteraient à réduire ce chiffre de 50 p. c., pour des biefs soignés, dont les digues, composées de terres de bonne qualité, sont mécaniquement corroyées. Ainsi, le bief de La Louvière à Hondeng (longueur 2,265 mètres) a perdu (moyenne de 6 expériences) une couche de 7.2 millim., par 24 heures, pour une hauteur d'eau de 2 m. 40. Il comprend des digues s'élevant jusqu'à 13 m. 20 au-dessus du terrain naturel. Ce chiffre répond à 154 litres par mètre de canal et par jour. Le bief de Bracquagnies (longueur 1,383 mètres) a perdu en moyenne une couche de 8.4 millim. pour une même hauteur d'eau (2 m. 40). Cela représente 231 litres par mètre-24 heures.

Infiltromètre. — Nous faisons usage, pour déterminer les pertes d'un bief, d'un infiltromètre, établi sur nos indications (voir fig. 15).

Cet instrument est composé d'un réservoir cylindrique en zinc fort, soigneusement calibré. Il baigne dans l'eau du canal, et peut être mis à volonté en communication avec celle-ci, au moyen d'un robinet R. Une tige verticale en bronze T, tournée inférieurement en cône aigu, est mise en contact avec le liquide du réservoir, par remplissage, au moyen d'une éprouvette graduée. La section horizontale circulaire du réservoir est telle, qu'un degré de la graduation de l'éprouvette, soit 5 cm³, corresponde, en hauteur, à un dixième de millimètre. Le contact de la pointe conique T avec le liquide tranquille du réservoir s'observe, parfaitement, à un vingtième de millimètre près. Dès lors, il suffit de mettre le réservoir en communication avec le canal, à 24 heures de distance, ou, si le canal est en exploitation, en dehors des heures de navigation, de fermer le robinet R et de rapporter le niveau du canal à celui fixe de la tige T, pour pouvoir déterminer exactement la perte totale du bief. Une mesure effectuée pendant la même période, réservoir clos, donne la différence algébrique de la perte par évaporation et de la pluie tombée. Un mesurage direct au pluviomètre donne la hauteur de pluie.

On détermine donc, exactement, pour un bief isolé, les différentes pertes organiques. Au point de vue de la perte par évaporation, il faut noter que l'eau du réservoir est immergée au milieu du canal et suit les variations de température de celui-ci. Trois infiltromètres sont répartis sur la longueur d'un bief.

Gonflement des nappes aquifères. — Supposons un canal en remblai alimentant une nappe aquifère dont OX représente le profil préexistant (fig. 16). L'effet du canal, abstraction faite des renards, est, comme nous l'avons vu, de provoquer une alimentation locale continue de la nappe aquifère. C'est, en quelque sorte, un affluent artificiel introduit dans un courant libre. Dans ces conditions, la partie aval de l'axe hydrologique souterrain éprouvera un gonflement en fonction du débit supplémentaire surimposé au débit primitif. Comme dans un courant libre, les vitesses augmenteront, simultanément les pentes s'accuseront. Le phénomène de l'accentuation des pentes de l'axe hydrologique explique la facilité d'éboulement des berges des rivières, contiguës aux canaux en remblai.

Quant à la partie amont de l'axe hydrologique souterrain, il

éprouvera un gonflement dû, non pas à l'augmentation du débit, lequel n'a pas varié, mais à la propagation, en recul, du gonflement d'aval.

En résumé, les pertes des canaux se dirigent vers les exutoires anciens des nappes préexistantes ; elles aggravent les suintements du lit des ruisseaux dans une proportion insignifiante, à peu près fixe pour les canaux pratiquement étanches, et qui peut se chiffrer à $\frac{400 \text{ l}}{24 \times 3600}$ par seconde, soit à *moins de 5 centimètres cubes d'eau* par mètre courant de la surface suintante, dans le lit de la rivière. Cette contribution du canal subit une réduction du fait que le gonflement de la nappe préexistante, en rapprochant celle-ci de la surface, a pour effet d'augmenter l'influence du facteur évaporation du sol. Le phénomène d'alimentation est d'ailleurs essentiellement *transversal* ; il n'accumule pas ses effets dans le sens longitudinal de la vallée occupée.

Digues. — Deux éléments devraient être considérés dans une digue : la partie *antifiltrante active*, dont l'épaisseur peut être réduite à la limite compatible avec une conservation indéfinie (fig. 17). Cette couche d'argile sableuse ou de terre à briques, doit être imperméable, autant que le permet le corroyage facile du remblai. Une argile pure serait difficilement corroyée et présenterait un retrait provoquant des fissures dangereuses. Elle ne pourrait donc pas être découverte, en cas de chômage. Le second élément d'une digue est son corps inférieur, lequel, d'après les données de l'hydrologie, doit comporter des nappes spécifiques surbaissées. C'est un préjugé dangereux que de croire les argiles imperméables. Leur imperméabilité approximative se concilie avec la formation d'axes hydrologiques éboulés. Enfin, le troisième élément, l'assiette même du sol naturel a, au point de vue de l'existence de la digue, une importance assez méconnue. Un sous-sol profondément perméable ne peut qu'empêcher la formation d'axes hydrologiques quelconques et supprimer la cause des éboulements.

En résumé, les digues étanches et stables sont celles dont les éléments sont rangés par ordre de perméabilité croissante quand on descend verticalement, du plafond du canal, à l'intérieur du sol naturel.

Dans les digues en terre pour réservoirs, certains ingénieurs, notamment à Mittersheim, notre collègue français M. Hirsch n'a pas hésité à drainer, au moyen de drains-contreforts, le

talus d'aval de la digue. Les développements qui précèdent n'ont pas d'autre objet que de justifier cette pratique, par la nécessité de rabattre les nappes aquifères, soit en employant des matériaux perméables parfaitement serrés, soit en pratiquant des saignées profondes ou des puits filtrants dans le corps des digues et dans le sous-sol formant l'assiette. On remanie ainsi les axes hydrologiques à l'intérieur du sol en évitant les formes ébouleuses. Nous pensons que cette notion est particulièrement féconde et qu'appliquée avec soin, elle est de nature à augmenter les possibilités d'établissement d'ouvrages en terre audacieux, qu'exigeront, sans doute, les canaux de l'avenir.

Conséquences dommageables. — Le relèvement des nappes aquifères préexistantes, causé par les infiltrations du canal, peut, dans les parties où la nappe se trouvait préalablement à fleur de sol, comme c'est le cas généralement dans le fond des vallées, transformer des prairies ou des terres arables en marécages. Mais le dommage, facilement, peut se réparer par un drainage superficiel.

Le voisinage de carrières profondes, exploitant les roches du sous-sol et se trouvant dans la zone influencée par le canal, est particulièrement incommode pour les exploitants des voies navigables. Les eaux d'épuisement de telles carrières proviennent souvent de vraies sources s'alimentant dans des régions profondes. Ces sources sont mises à découvert par le dépierrement et l'approfondissement continu de la carrière. Le régime de l'épuisement ne suit aucune loi définie ; il dépend d'un facteur personnel, le bon plaisir de l'exploitant. Or, si une voie navigable vient modifier l'état primitif des lieux, on conçoit qu'il sera facile d'attribuer, à celle-ci, une variation brusque du débit des sources de la carrière, provoquée par l'exploitation des bancs pierreux. On voit donc qu'il est possible de prétendre mettre à charge du canal une partie des frais d'épuisement de la carrière, frais considérables, dans certains cas.

La preuve directe de l'alimentation d'une carrière profonde par le canal creusé dans les terrains meubles de la surface, est particulièrement difficile. Nous avons dit que le phénomène hydrologique considéré était transversal. Cette influence transversale est facilement constatée au début ; elle est de nature à frapper l'esprit des juges et des experts. Elle restreint pourtant la part d'influence normale du canal à un chiffre insignifiant. Mais il est toujours possible de prétendre

que les courants souterrains libres, qui caractérisent les roches dures fissurées, produisent des appels lointains sur les pertes cumulées du canal et que ces pertes se dirigent vers la carrière. Ces allégations, assez téméraires au point de vue de la simple vraisemblance, ont chance d'être admises, parce que les notions hydrologiques courantes sont vagues, imprécises et empiriques.

La méthode directe de preuve dans un procès de l'espèce nous paraît être, en résumé :

De dresser la carte hydrologique détaillée superficielle de la région incriminée. Cette carte déterminera l'aire des versants hydrologiques dirigés vers la carrière et la longueur du canal influençant ces versants. La perte unitaire du canal étant connue, on pourra fixer, topographiquement, la part contributive du canal, dans le chiffre d'épuisement de la carrière.

Si ces constatations donnaient un chiffre de contribution nul ou relativement faible, on pourrait vérifier, par plusieurs méthodes purement expérimentales, cette conclusion négative :

1° Par la méthode colorimétrique, en fractionnant la voie navigable, soit en biefs, soit même en parties de biefs, s'il était possible, et en colorant les eaux du canal au moyen d'une matière éminemment subtile, comme la fluorescéine.

2° Par la méthode thermométrique. Les eaux du canal subissent des variations considérables de température. Celle-ci passe, dans nos contrées, de 0° en hiver à 25° en été. Les eaux du sous-sol possèdent une remarquable constance de température : 10° à 11° (1). Un mélange où entrerait, comme facteur important, les eaux du canal, se caractériserait par des variations annuelles thermométriques périodiques, dont la période serait atténuée en raison des proportions du mélange, et présenterait un retard aussi long qu'on voudra, sur les variations parallèles de la température de l'eau du canal.

3° Par la méthode de pesée du résidu fixe. La puissance de dissolution des éléments inorganiques du sous-sol est fonction directe de la température des eaux filtrantes. Les eaux du sous-sol, emmagasinées à température constante, ont donc une puissance de dissolution invariable. Leur résidu fixe, à 110°, est un facteur permanent pour une source déterminée. Le résidu fixe des pertes du canal, dont la température varie de 0° à 25°, subit des variations considérables. Si le canal alimentait la carrière dans une proportion sensible, il devrait se produire dans le chiffre du résidu fixe des eaux de sources de la carrière des

variations annuelles périodiques de même allure que les variations de température du canal.

L'objet de cette notice était d'étudier quelques problèmes intéressant la technique des canaux, en s'éclairant systématiquement des lumières de l'Hydrologie, complétée et spécialisée comme de besoin. Le sujet était vaste et neuf ; l'espace disponible nous était strictement ménagé. Notre ambition serait satisfaite, si nos recherches sommairement indiquées en suscitaient d'autres, dans la même voie.

Mons, 31 décembre 1904.

GUSTAVE DENIL.

(1) Moyenne Belgique.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

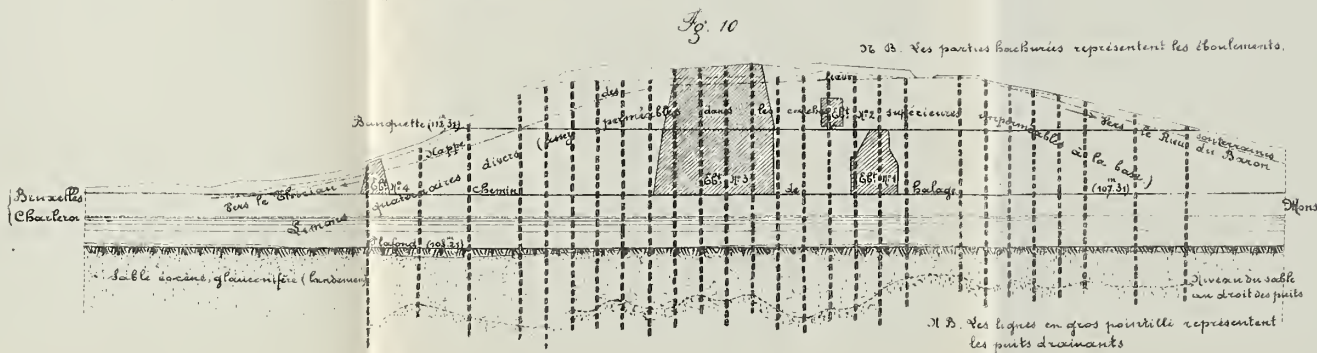
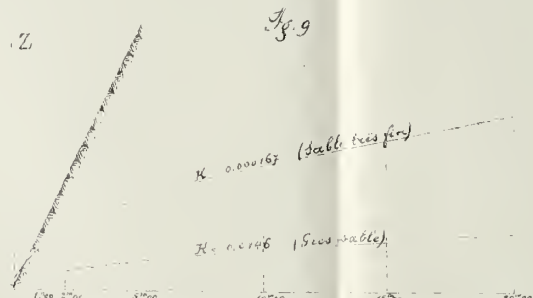
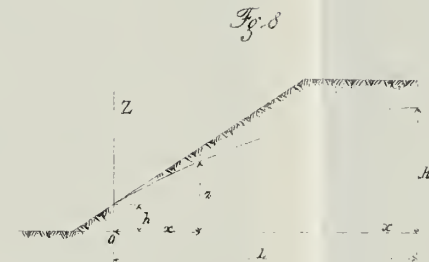
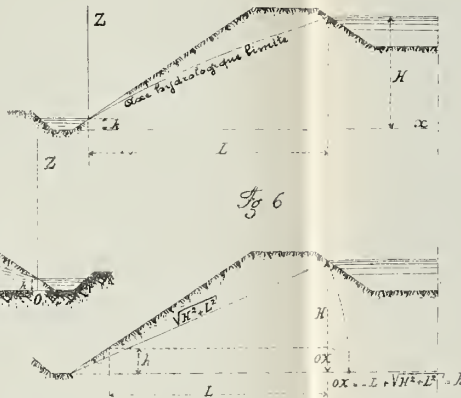
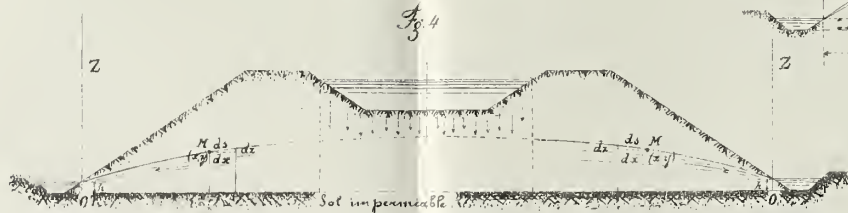
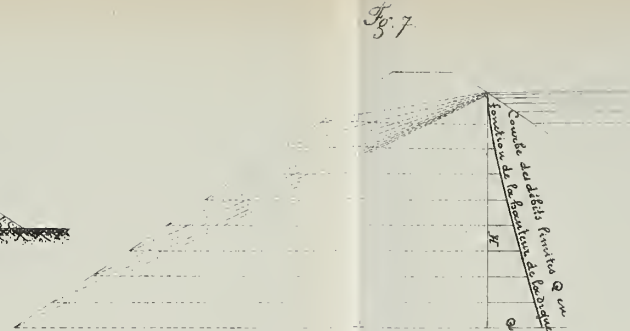
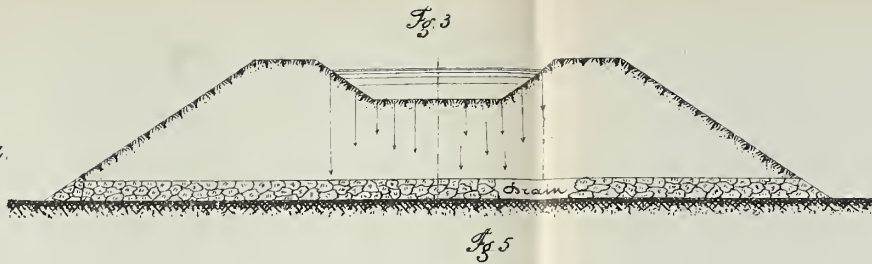
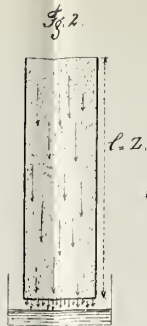
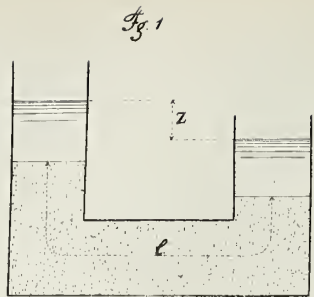
ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE
DES
CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1903

I. Section : Navigation Intérieure
5. Communication

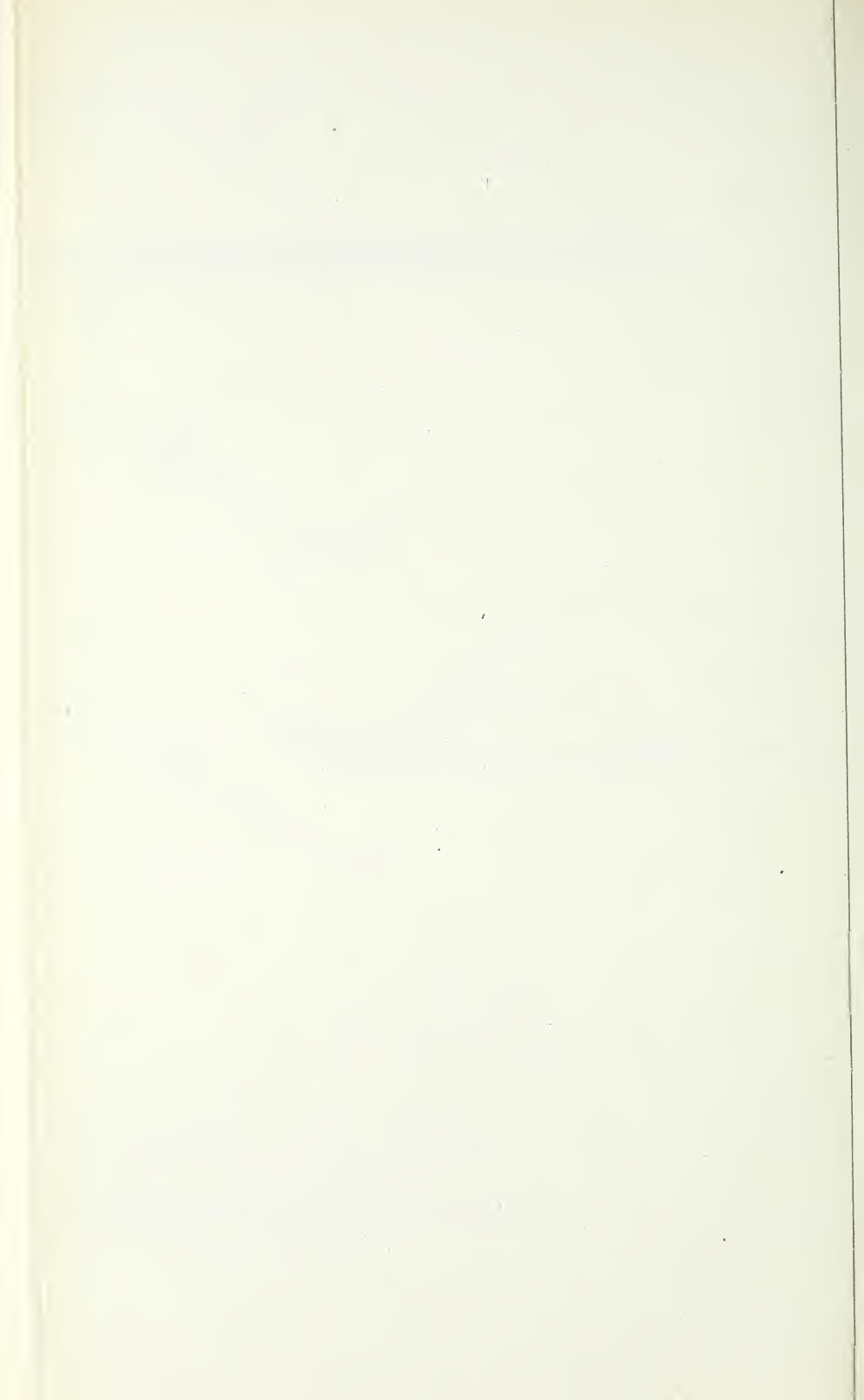
RAPPORT
PAR
G. DENIL

PLANCHE I.



N.B. L'échelle des hauteurs est quadruple de l'échelle des abaissements.

N.B. Les lignes en gros pointillé représentent les points drainants



UNIVERSITY OF ILLINOIS

ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE

DES

CONGRÈS DE NAVIGATION

X^e CONGRÈS - MILAN - 1903

I. Section : Navigation Maritime

5. Communication

RAPPORT

PAR

G. DENIL

PLANCHE II.



Fig. 11.

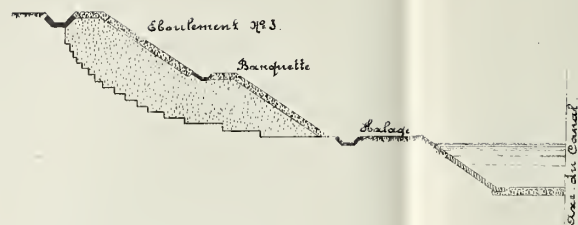


Fig. 12.

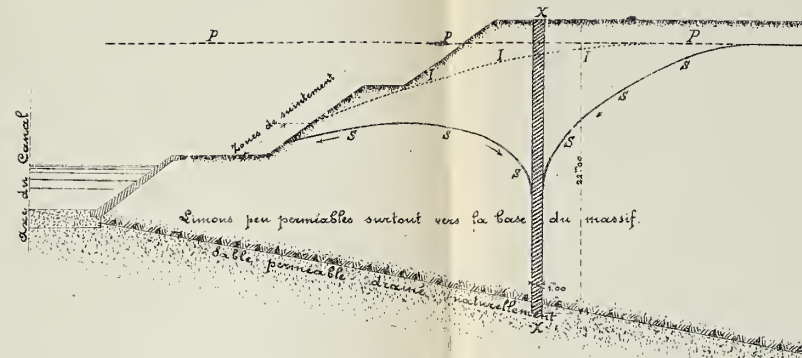
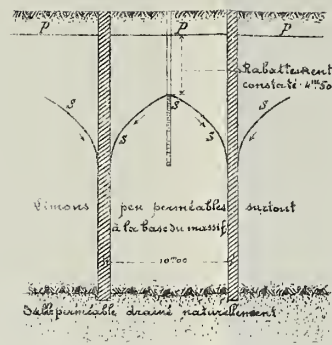
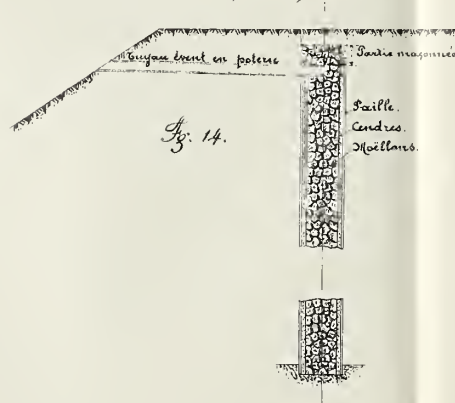


Fig. 13.



Détail d'un puits filtrant.



Infiltromètre.

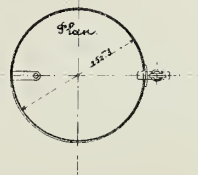
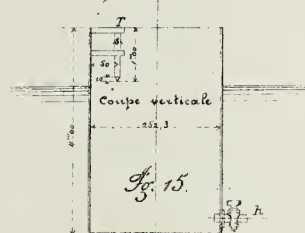


Fig. 16.

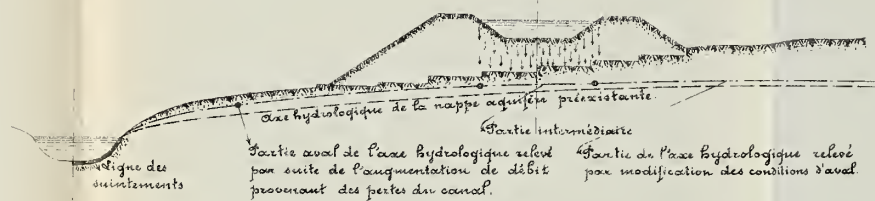
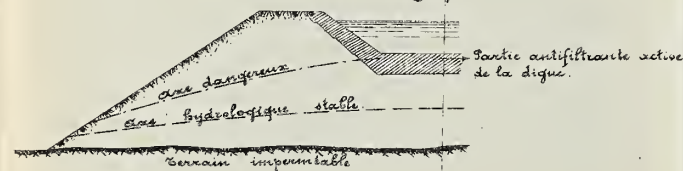


Fig. 17.





PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION
OF
NAVIGATION CONGRESSES

X. CONGRESS - MILAN - 1905

I. Section : Inland Navigation
6. Communication

RESULTS OBTAINED

BY

Dredging in increasing the depth of water of rivers

Technical and administrative organization of works undertaken with this object

GENERAL REPORT

BY

Mr. I. TORNANI

General Inspector of Civil Engineering in Italy

NAVIGARE



NECESSE

BRUSSELS

PRINTING OFFICE OF THE PUBLIC WORKS (CO. LTD.)

18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905

RESULTS OBTAINED BY DREDGING RIVER BOTTOMS

GENERAL REPORT

BY

Mr. J. TORNANI

General Inspector of Civil Engineering in Italy

The important subject of the dredging of river bottoms for improving navigation and the most suitable plant for the work, has been dealt with in many publications. Without mentioning any others, it will suffice to refer to those sent in to the VIIth International Congress of Navigation held at Brussels in 1898, by Messrs. Germelmann, Van Gansberghe, Desprez, Masalski, Whieler, Smulders and de Timonoff; to the one submitted to the VIIIth Congress held at Paris in 1900 by the same Mr. de Timonoff; and to those sent in by Messrs. Loewer, Scholer, Truhlsen and Bogarts to the last Congress, held at Düsseldorf in 1902.

It is not within our scope to summarise all that has been written on the subject in the above reports. A mere reference to them here will suffice for those who may desire to go thoroughly into the question and consult these reports in their complete form. We shall confine ourselves, in the present report, to a brief description of the papers which have been sent in to the Xth International Congress.

The first of these reports is the work of Mr. E. Roloff, chief engineer and director of the hydraulic works of the Elbe, at Magdeburg. The author describes the various objects of the dredging operations, but he goes at greater length into the subject before the Congress, which concerns the dredging of sand- and gravel-banks and of river bottoms, with the object of enabling the river to flow freely.

It should be observed that, theoretically, once the bed of a watercourse has been suitably regulated by dredging, the flow of water should suffice to maintain the section as improved. But in practice, this is not the case, because when the water is

falling, after a heavy flood, it is impossible to prevent the deposit of the sediment held in suspension in the current, especially at those parts of the river where the flow of the current crosses from one bank to the other. The deposit obstructs the *thalweg* at these points and interferes with navigation, so that dredging becomes necessary.

Mr. Roloff remarks that the effects of the dredging operations are immediate though generally transient, as in practice it is very difficult, if not impossible, to prevent new deposits from forming.

He points out the important influence of dredging upon the improvement of the flow of watercourses in their lower reaches and especially at their mouths. And how, on the contrary, the opposite effects would be produced if the dredging operations were carried beyond the necessary limits thus lowering the levels of low water and the level of water in the wells in the district.

He then proceeds to describe the dredging operations which have taken place along the Rhine from Biebrich to Bingen, from Bingen to St.-Goar and from St.-Goar to the Dutch frontier.

In the first sectional length of this river, the bed is generally of a sandy nature and it is fairly level, but in places the bed is of gravel, clay or limestone. During floods the sand in this section is shifted and deposited at points which are generally known beforehand. When the flood-waters are falling, the training-works along the river come into play, but as their action is slow it is necessary to supplement it by dredging, although the effects of the latter rarely last much longer than the period of low-water.

In the second sectional length, where the bed of the Rhine is rocky with alluvial banks, important training works have been carried out during the last decade, powerful dredgers being used to remove the alluvial banks and the fragments of rock which had been blasted. The channel has maintained its normal width since then, and only a little dredging is required from time to time, for removing the material which is brought down from the river banks by the wash of the large Rhine steamers.

In the third sectional length, the bed of the Rhine is generally of gravel which is fairly stable as it is only carried down-stream during very high floods. At such times deep excavations occur in the concave parts of the river bottom, whilst gravel deposits are formed in the convex parts. In order to counteract this,

the concave portions are protected by fragments of rock and the convex portions are dredged so as to make the cross-section of the river regular and durable.

The dredging operations on the Rhine are carried out according to a pre-determined programme, which has the two-fold object of deepening the navigable channel in a regular and progressive manner and of adjusting and regulating the river bed. It has been noticed that dredging is most effective when carried out at the same time as the training works.

Dredging is done by contract with certain contractors who receive no remuneration for the work but on the contrary generally pay to the State the sum of 10 pfennig per cubic metre of gravel extracted for the rights of dredging. Even then, there is such a demand for this gravel that dredging has had to be restricted and even suspended in some parts of the river, so as to prevent the river bed from spreading out and interfering with the flow.

Some 550,000 cubic metres of material were extracted in 1903 in the stretch of the Rhine which lies in Prussian territory.

Mr. Roloff then proceeds to deal with the stretch of the Elbe which lies in Prussian territory from the frontier of Saxony to Hamburg. He informs us that many sand-banks were found in the river-bed, before the training works were commenced, and for ten years after their completion.

These sand-banks came right up to mean water level and material was continually being deposited upon them during times of flood so that the direction of the *thalweg* was altered appreciably which had very prejudicial effects upon navigation and upon the flow of the river.

These banks have been almost entirely removed by dredging and training works so that the *thalweg* has been given a certain stability in the sectional length of the river which lies above the confluence of the Havel. Smaller sand-banks are still found in the river below this confluence and these are the cause of continual alterations in the direction of the *thalweg*. However, there is no doubt that the dredging of the stretch above the confluence has also had a good effect upon the stretch below, because the sand-banks, there, which formerly emerged above mean water level, have not been visible for 25 years except during low water, so that one may well say, that the height of these sand-banks has been reduced by 1 m. 50.

The quantity of material dredged in the sectional length of the Elbe mentioned above, from 1877 to 1903, amounts to about

16,750,000 cubic metres. This includes the gravel and sand excavated for private firms and also the material removed to preserve the refuges and landing places belonging to private parties. This volume corresponds to 50 cubic metres of dredged material per metre run of river, the width of which varies from 100 metres at the frontier of Saxony to 300 metres at Hamburg.

In conclusion, one may affirm in a general way that dredging is very useful and fulfils its object perfectly.

Mr. Roloff's paper is accompanied by two tables of records which have been taken between the years 1892 and 1904 at two different points of the Elbe. These show that an important improvement in respect of the minimum depth of water has been obtained especially in the upper reaches of the river.

The author concludes his report with a description of the way in which the dredging operations are managed.

The second report sent in to the Congress is by Mr. Kleiber, and it deals with the results of dredging the river bottoms of the Volga, between Kstovo and Bogorodsk.

The author points out that the lower reaches of the Volga, from Astrakhan to the confluence of the Kama, for a distance of 1800 kilometres, are characterised by abundance of water during the greater part of the navigable season. The effect of low water in this section of the river is generally only felt in a few places where the draught of water is sometimes reduced to a little over one metre.

For this reason one may say that the dredging works organised were not for this section of the river, but rather for the middle section which lies between the confluences of the Kama and the Oka, where navigation is more intense and where dredging alone has sufficed to meet its requirements without the aid of provisional or permanent works, either for the river-bed or for the protection of the banks.

Down-stream navigation in this middle section of the Volga chiefly consists of shipments of timber for construction purposes, whilst the up-stream navigation consists of the transport of wheat and of the residual products of naphta which come up from the lower reaches of the Volga. This transport is carried out on *barges* which are frequently as long as 125 m. and even 150 m. ; the barges for conveying naphta having a draught

of 2 m. 93 and those for conveying salt, having a draught of 3 m. 10. The steamers employed for transporting passengers and express merchandise do not require a draught of more than 1 m. 60. and rarely 1 m. 90.

The navigable season for the Volga is generally from May to the third week in September, as previous to May high-water is 14 m. 65 above low water level, owing to the floods from the thaw. The low water stage commences in September, sometimes even in August, but rarely in October. The waters generally go down during June in the upper reaches, until there is only a depth of 3 to 2 metres, and for this reason craft which comes up from the lower Volga cannot count upon effecting more than one journey without transshipment. As the waters fall, the navigable channel becomes sinuous so that it is impossible to have long trains of barges, and a transport which might have been effected with a single train of barges during the period of high waters, requires two or even three trains during the period of low waters.

Various means, including dredging, have been adopted to increase the depth at low water. Prior to 1895, dredgers were used which were inadequate to the work and consequently gave such unsatisfactory results that during years of drought the depth of water was as low as one metre in the stretch between the Kama and the Oka and in one special case it fell to 0.70 centimetres.

Since 1895 bucket dredgers have been employed with a nominal efficiency of 250 cubic metres, for dredging the river. Four of these dredgers and two less powerful ones were used in 1897 for the stretch of river which lies between Nijni-Novgorod and Bogorodsk. In 27 places the depth was reduced below 1 m. 25 and was maintained at that depth for two months during the season of low water. The dredging operations were re-modelled in 1901 with better results which are embodied in a table accompanying Mr. Kleiber's report. These records show that the number of days during which the depth of water was slight has gone on continually decreasing from 1901 to this day.

Dredging was continued along the navigable channel of the Volga until 1901 as a very useful expedient for keeping open a temporary channel in which, however, the necessary depth of water could not be maintained in a constant manner. Under the new system, however, as reorganised, the work to be done by the dredgers was specified very clearly. They were to maintain no less a depth than 2 1/2 *archines* (1 m. 78), throughout a

stretch of river of 436 kilometres above the confluence of the Kama. The results have borne out expectations.

Mr. Klieber describes some phenomena which occurred in the middle stretch of the Volga in regard to the displacement of the *thalweg* and the sandbanks, and he gives several tables which show the depths obtained and the nature of the work of the various dredgers. During 1904, there was a mean depth of 2 m. 57 with an absolute minimum of 2 m. 04, on the above-mentioned stretch of 436 kilometres, for 435 days of dredging during which 944,000 cubic metres of material was excavated at 25 different points along the river bottom.

Mr. Kleiber then examines the results obtained up to the present by dredging, in respect to the régime of the navigable channel. He concludes that the excavation of the river bottom by means of dredgers and also partly by natural scour during low water stages, tends to be maintained for a certain length of time, notwithstanding the floods which have little effect upon the greater part of the excavated channels. The result is that most of the work which has been done during the previous year is not affected by the great floods in the spring.

Mr. Kleiber concludes his report with a statement of the expense of the dredging operations and finds that the cost for the 436 kilometres of the second stretch of the Volga amount to 500,000 francs per annum which corresponds to 1150 francs per kilometre of navigable channel.

The third report, submitted to the Xth Congress, is by Mr. Kretz, a civil engineer. In addition to the dredging actually completed, the author describes a kind of water-pressure dredger of his invention and the experiments carried out with it. According to the author, this dredger is based upon the process followed by nature whereby loose material is carried off by the force of the current of water.

The characteristic features of this dredger is two tubes which are connected at an angle to one another and which run across the whole width of the channel to be deepened. These tubes are supplied with water under pressure by pumps on the dredger and they can be raised or lowered to any required level. These tubes have a large number of smaller tubes, 0.02 m. in diameter, which extend to the right and left of the axis of the dredger. Jets of water, forced through these small tubes at a certain velocity, play upon the material to be excavated which

is driven out of the navigable channel and deposited on each side by the force of the current produced. Dredgers of this kind must be worked in a down-stream direction in order to save the expense of motive power which would be entailed by working up-stream.

No dredgers of this type have yet been employed in actual service, but the inventor states that experiments have been carried out under all possible kinds of conditions of motive power, material to be excavated, and flow of river. He gives an account of all these experiments in his report and concludes as follows : —

1. These dredgers open the channel exactly to requirements.
2. Their efficiency is great, because they do not have to raise the excavated material above the water, since this material is driven to the sides and out of the channel by the jets of water.
3. Dredging takes place during the period of low-water, just when the natural flow of the river tends to widen the navigable channel of its own accord.

Owing to these special conditions, excavation with the Kretz dredger is much more rapid than with the ordinary bucket dredger. Furthermore this dredger is so designed that it can be used also as a tug, because the same driving shaft is employed for the screw propeller and the pumps. This arrangement is quite practical because dredging and towing never take place simultaneously. In virtue of the double use to which this dredger can be put it is evident that the same crew on board can be employed for both operations provided they are sufficiently well up in the matter. This is economical as there is then no necessity of paying salaries to idle men during slack times when either dredging or towing is suspended.

As this type of water-pressure dredger has hitherto only been tested in mere experiments, it is impossible to know exactly the cost of working. Mr. Kretz arrives at an estimate of this cost by means of the following parallel : — We know, he says, that a bucket dredger takes at least two days to open a channel 200 metres long, 15 metres wide and from 0.40 m. to 0.50 m. deep. The water-pressure dredger will do this work in two hours ; consequently, time and cost being equal, it can do 8 or 10 times as much work as a bucket dredger.

The author of the fourth report submitted to the Congress, is chevalier Edoardo Sassi, chief civil engineer, in Italy. The author raises the following query in the introduction to his report :—Whether it is better for navigation to build a lateral canal to the river, or else to canalise the river, or to build complete training works or merely to dredge the river. After stating the arguments on behalf and against these alternatives, he comes to the conclusion that it is better to patiently carry out small training works concurrently, however, with a dredging of the river bed.

He then describes the various types of river dredgers and gives an account of the experiments carried out on the Po by a Commission appointed for that purpose. He commences by saying that as it was only a question of mere trials, they did not consider it necessary to buy a special dredger for the purpose. A heavy, non-automatic marine suction dredger whose hull was little suited to river navigation and which was loaded with a quantity of useless machinery, was chartered for the experiments. It was, therefore, impossible to obtain as satisfactory results as if suitable plant had been used for these trials.

Mr. Sassi then describes the « Checchi » dredger used by him, giving details of all its machinery, of the method of working it and of the plant and crew employed in the operations.

He describes, with accompanying plans and elevations, three experiments made under different conditions on the Po, in the districts of Ficarolo, Cizzolo and Stagno Parmense, and summarizes the result in the form of a table, from which the following figures are abstracted :—

a) Length of the dredged sections . . . metres	2,830
b) Number of hours actually at work	354.05
c) Mean quantity of material excavated, per hour cub. metres	341
d) Total quantity of material excavated cub. met.	120,720
e) Increase obtained in depth of water, as verified about two months after the trials, from 1.90 m. to 0.20 m.	

Mr. Sassi concludes by confirming the conclusions of the Commission appointed to supervise the trials. These are :—

That experiments carried out with the « Checchi » dredger were successful for both sand as well as gravel deposits.

That it sufficed to commence by excavating a trench of 5 metres deep (the maximum depth, below the water line, at which this dredger could suck up material) in order to obtain a channel from 30 to 50 metres in width at low water, according to the

nature of the river bed and the strength of the current, this channel having a sufficient depth for the requirements of even a very intense navigation.

That if the channel is opened in the direction of the trend of flow of the current, it will keep open for a long time, at least as long as the flow of the river does not alter its course.

That if, on the contrary, the trench is not opened in the direction of the current, the channel silts up rapidly.

That one of the principal conditions for obtaining good results, is that the work should be carried out rapidly.

That after the experiments at Cizzolo, not only did the several small floods which occurred fail to obstruct the channel, but they deepened and widened it. These floods, however, did not affect the direction of the flow of the current.

That the following conditions must be complied with, if the dredgers to be employed on the Po are to be efficient : —

a) they should be automatic and of the suction type.

b) they should have force pipes on both sides (the « Checchi » only had them on the right side).

c) the hull should be suited for river navigation.

d) the draught should not exceed 1 m. 50 and it should be possible to reduce it to 1 m. by lightening the dredger temporarily.

e) they should have a minimum power of 250. ii. P. with a rate of excavation of at least 400 cubic metres per hour, so as to be able to open the trenches rapidly.

f) the bunkers should be able to hold at least 30 tons of coal, so as to enable the work to proceed uninterruptedly for at least one hundred hours, without having to coal anew.

In his report, Mr. Sassi gives an account of the works carried out along the Elbe, just as Mr. Roloff has done in the paper which we first referred to, and he also describes the studies which have been made on this subject with reference to the Loire in France, both these rivers, being, in his opinion, analogous to the Po and the Tiber, but subject to less favourable conditions.

Bologna, June 1905.

J. TORNANI.



UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA



3 0112 002593769